IPNI
INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE

MISSÃO Desenvolver e promover informações científicas sobre o manejo responsável dos nutrientes das plantas para o benefício da família humana

INFORMAÇÕES AGRONÔMICAS

Nº 156 DEZEMBRO/2016

ISSN 2311-5904

SOLOS DE FERTILIDADE CONSTRUÍDA: CARACTERÍSTICAS, FUNCIONAMENTO E MANEJO

Álvaro Vilela de Resende[1]
Sandra Mara Vieira Fontoura[2]
Emerson Borghi[1]
Flavia Cristina dos Santos[1]
Claudinei Kappes[3]
Silvino Guimarães Moreira[4]
Adilson de Oliveira Junior[5]
Ana Luiza Dias Coelho Borin[6]

1. INTRODUÇÃO

Dentre os fatores que levaram à consolidação do Brasil como grande *player* na produção agropecuária mundial nos últimos anos, destacam-se os investimentos em pesquisa e a crescente adoção, pelos produtores rurais, das tecnologias geradas. Houve grandes avanços no manejo dos solos a partir do conhecimento gerado por instituições de pesquisa e universidades, em interação com entidades de assistência técnica, extensão rural, iniciativa privada e produtores, em diferentes regiões do território nacional. Paralelamente, a evolução em outras especialidades, como melhoramento genético, mecanização, fitotecnia, fitossanidade e irrigação, vem permitindo o desenvolvimento e a exploração, em larga escala, de sistemas de cultivo que potencializam a capacidade do solo de sustentar produtividades cada vez mais elevadas.

Um feito decisivo na trajetória de desenvolvimento agrícola do País foi a superação das limitações químicas dos solos. Tal superação envolveu a caracterização dos fatores limitantes, com a respectiva geração e aplicação de tecnologias para seu controle. A conversão das terras em ambientes propícios ao adequado desenvolvimento das lavouras se deu pela disseminação das técnicas de correção da acidez do solo e de aplicação de fertilizantes para elevar a disponibilidade de nutrientes. O conjunto dessas técnicas passou a ser referido como manejo para "construção da fertilidade do solo", que pode ser desdobrado em diversos procedimentos a serem executados a partir da interpretação de resultados da análise de solo, e constituem a base das recomendações presentes em manuais de fertilidade para as diferentes regiões produtoras (RAIJ et al., 1996; RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVAREZ V., 1999; CQFS-RS/SC, 2004; SOUSA e LOBATO, 2004; FONTOURA et al., 2015).

Sendo assim, os nossos agricultores geralmente têm bem sedimentada a compreensão de que a utilização de corretivos e fertilizantes é um procedimento fundamental quando se almeja bons rendimentos das culturas. Normalmente, aqueles com maior capacidade de investimento podem tirar mais proveito das boas práticas de manejo. E é justamente nesse segmento mais tecnifi-

Abreviações: Al = alumínio; B = boro; C = carbono; Ca = cálcio; CESB = Comitê Estratégico Soja Brasil; CTC = capacidade de troca de cátions; EUN = eficiência de uso de nutrientes; ILP = integração lavoura-pecuária; K = potássio; Mg = magnésio; MOS = matéria orgânica do solo; N = nitrogênio; P = fósforo; S = enxofre; SPD = sistema plantio direto; V% = saturação por bases.

[1] Engenheiro Agrônomo, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG; email: alvaro.resende@embrapa.br, emerson.borghi@embrapa.br, flavia.santos@embrapa.br
[2] Engenheira Agrônoma, Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, Guarapuava, PR; email: sandrav@agraria.com.br
[3] Engenheiro Agrônomo, Fundação Mato Grosso, Rondonópolis, MT; email: claudineikappes@fundacaomt.com.br
[4] Engenheiro Agrônomo, Universidade Federal de São João Del Rei, Sete Lagoas, MG; email: silvino@ufsj.edu.br
[5] Engenheiro Agrônomo, Embrapa Soja, Londrina, PR; email: adilson.oliveira@embrapa.br
[6] Engenheira Agrônoma, Embrapa Algodão, Goiânia, GO; email: ana.borin@embrapa.br

ATENÇÃO! RECADASTRAMENTO!
BIBLIOTECAS/EMPRESAS/INSTITUIÇÕES DE PESQUISA E DE EXTENSÃO - VIDE PÁGINA 32

INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE - BRASIL
Avenida Independencia, nº 350, Edifício Primus Center, salas 141 e 142 - Fone/Fax: (19) 3433-3254 - CEP13419-160 - Piracicaba-SP, Brasil
Website: http://brasil.ipni.net - E-mail: jmachado@ipni.net - Twitter: @IPNIBrasil - Facebook: https://www.facebook.com/IPNIBrasil

INFORMAÇÕES AGRONÔMICAS

Publicação trimestral gratuita do International Plant Nutrition Institute (IPNI), Programa Brasil. O jornal publica artigos técnico-científicos elaborados pela comunidade científica nacional e internacional visando o manejo responsável dos nutrientes das plantas.

ISSN 2311-5904

COMISSÃO EDITORIAL

Editor
Valter Casarin

Editores Assistentes
Luís Ignácio Prochnow, Eros Francisco, Silvia Regina Stipp

Gerente de Distribuição
Evandro Luis Lavorenti

INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE (IPNI)

Presidente do Conselho
Norbert Steiner (K+S)

Vice-Presidente do Conselho
Tony Will (CF Industries Holdings, Inc.)

Tesoureiro
Dmitry Osipov (Uralkali)

Presidente
Terry L. Roberts

Vice-Presidente, Coordenador do Grupo da Ásia e África
Kaushik Majumdar

Vice-Presidente, Coordenadora do Grupo do Oeste Europeu/Ásia Central e Oriente Médio
Svetlana Ivanova

Vice-Presidente Senior, Diretor de Pesquisa e Coordenador do Grupo das Américas e Oceania
Paul E. Fixen

PROGRAMA BRASIL

Diretor
Luís Ignácio Prochnow

Diretores Adjuntos
Valter Casarin, Eros Francisco

Publicações
Silvia Regina Stipp

Analista de Sistemas e Coordenador Administrativo
Evandro Luis Lavorenti

Assistente Administrativa
Elisangela Toledo Lavorenti

Secretária
Jéssica Silva Machado

ASSINATURAS

Assinaturas gratuitas são concedidas mediante aprovação prévia da diretoria. O cadastramento pode ser realizado no site do IPNI: http://brasil.ipni.net
Mudanças de endereço podem ser solicitadas por email para: jmachado@ipni.net

Nº 156 DEZEMBRO/2016

CONTEÚDO

Solos de fertilidade construída: características, funcionamento e manejo
Álvaro Vilela de Resende; Sandra Mara Vieira Fontoura; Emerson Borghi; Flavia Cristina dos Santos; Claudinei Kappes; Silvino Guimarães Moreira; Adilson de Oliveira Junior; Ana Luiza Dias Coelho Borin 1

Simpósio do IPNI discute as Boas Práticas para Uso Eficiente de Fertilizantes na Cultura do Café
Silvia Regina Stipp; Valter Casarin 18

Divulgando a Pesquisa 30

IPNI em Destaque 31

Painel Agronômico 33

Cursos, Simpósios e outros Eventos 34

Publicações Recentes 35

Ponto de Vista 36

NOTA DOS EDITORES

Todos os artigos publicados no Informações Agronômicas estão disponíveis em formato pdf no website do IPNI Brasil: <http://brasil.ipni.net>

Opiniões e conclusões expressas pelos autores nos artigos não refletem necessariamente as mesmas do IPNI ou dos editores deste jornal.

FOTO DESTAQUE

Equipe do IPNI Brasil, palestrantes e colaboradores da UNIFEOB durante o Simpósio IPNI Brasil sobre Boas Práticas Para Uso Eficiente em Café realizado em Poços de Caldas, MG.

cado do meio rural, que investiu mais fortemente na melhoria dos ambientes de cultivo, onde se constata, com maior frequência, a presença dos "solos de fertilidade construída", objeto central da abordagem deste artigo.

De forma simplista, pode-se entender que as áreas com solos de fertilidade construída distinguem-se das demais pelo seu histórico de manejo, em que aplicações sucessivas de corretivos e fertilizantes possibilitaram efeitos residuais cumulativos que acabaram por elevar certos atributos químicos da fertilidade (por exemplo: teores de fósforo (P), potássio (K), zinco (Zn) e bases trocáveis) para níveis interpretados como altos ou mesmo muito altos (Figura 1). Todavia, os casos mais emblemáticos de solos de fertilidade construída geralmente estão associados também ao manejo mais elaborado do sistema de produção, envolvendo plantio direto e uso de plantas de cobertura, o que confere benefícios adicionais ligados principalmente à presença de matéria orgânica no solo (MOS).

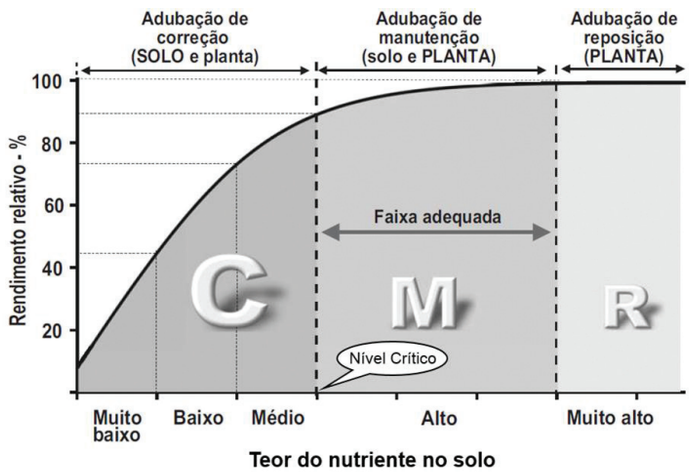

Figura 1. Disponibilidade de nutriente no solo como critério definidor de estratégias de adubação visando a construção (C), manutenção (M) ou reposição (R) da fertilidade. Nessa sequência, a quantidade demandada pela planta torna-se o fator preponderante para o dimensionamento da adubação. O limite superior do intervalo interpretado como "Médio" corresponde ao nível crítico que se busca alcançar na fase de construção da fertilidade.

Fonte: Adaptada de CQFS-RS/SC (2004); Gianello e Wiethölter (2004).

A dinâmica dos nutrientes aplicados em solos de fertilidade construída pode variar quanto aos compartimentos e fluxos na relação solo-planta, diferindo das rotas classicamente consideradas como comportamento padrão, as quais, em geral, foram estabelecidas a partir de estudos desenvolvidos em áreas de incorporação recente ao cultivo e trabalhadas com preparo convencional. Pode-se esperar que os componentes que atuam como "dreno de nutrientes" num primeiro momento (abertura de área) já estejam relativamente saturados nos solos de fertilidade construída, que ao longo do tempo de cultivo passam a expressar o seu caráter "fonte de nutrientes" de forma mais pronunciada. Nessas condições, maior proporção dos nutrientes adicionados via adubação permanece passível de aproveitamento imediato pelas culturas, diminuindo a chance de respostas a incrementos nas doses de fertilizantes.

Não havendo maiores perdas de nutrientes do sistema por erosão, lixiviação ou volatilização, a demanda por novas adubações consistirá essencialmente da reposição do que for exportado nos produtos colhidos. Ou seja, o solo de fertilidade construída passa a atuar como um reservatório de nutrientes, cuja capacidade máxima é dependente da natureza de seus constituintes (quantidade e tipo de argila, teor de matéria orgânica) e do manejo recebido (práticas que influenciam a capacidade de troca de cátions – CTC), no qual a oscilação do nível de reserva disponível em curto prazo fica mais vinculada ao papel da própria planta como dreno de nutrientes (Figura 1).

Portanto, o correto manejo da adubação envolve lidar com esse reservatório e depende do aprimoramento de diagnósticos da flutuação da fertilidade de acordo com as entradas e saídas de nutrientes ao longo de safras sucessivas. Em virtude da variabilidade natural dos constituintes mineralógicos, químicos, físicos, orgânicos e biológicos dos solos, em interação com o histórico de manejo, essa flutuação da fertilidade é peculiar a cada área de cultivo, o que implica na necessidade de obter informações localmente, para embasar ajustes no dimensionamento da adubação.

Por vezes, o monitoramento e o diagnóstico se revestem de maior complexidade, a exemplo de quando a real disponibilidade de um dado nutriente para as plantas é fortemente afetada por sua presença em frações orgânicas, pela atividade microbiana ou pela reciclagem de resíduos vegetais. Esse aspecto sempre foi evidente no caso do nitrogênio (N), mas atualmente se estende também ao P, enxofre (S) e outros nutrientes em áreas manejadas no sistema plantio direto (SPD). Pelo fato de se mostrarem mais tamponados quanto aos estoques de nutrientes disponíveis, os solos de fertilidade construída constituem ambientes desafiadores para se avançar na filosofia de adubação de sistemas de culturas e na possível revisão de níveis críticos de nutrientes visando o manejo para obtenção de novos tetos de produtividade.

Em função de particularidades da interação com o solo ou da demanda pelas culturas, alguns nutrientes tendem a se acumular mais que outros nos solos de fertilidade construída. Surge aí um desafio gerencial, que é a realização de adubações dimensionadas de forma a garantir o suprimento equilibrado de nutrientes. Por outro lado, surgem também oportunidades para otimizar as adubações e obter maior eficiência de uso de fertilizantes, como a possibilidade de refinamento do manejo priorizando a aplicação de fontes e doses de nutrientes que sejam realmente necessárias a cada situação.

Neste artigo busca-se consolidar o conceito de solos de fertilidade construída, detalhando alguns aspectos de sua caracterização, o papel do plantio direto e as implicações em relação ao potencial de resposta às adubações. Assinala-se a necessidade de aferição e possível revisão de níveis críticos de nutrientes no solo, ou dos valores de referência de fertilidade, para cultivos de elevado potencial produtivo. Diante disso, discutem-se perspectivas de gerenciamento diferenciado do fornecimento de nutrientes nesses ambientes, com ênfase para ganhos de eficiência e rentabilidade em sistemas de produção de culturas anuais.

2. CONCEITO E CARACTERIZAÇÃO DE SOLOS DE FERTILIDADE CONSTRUÍDA

No sentido estrito, o conceito de construção da fertilidade diz respeito, sobretudo, à adequação das condições químicas de solos inicialmente ácidos e pobres em nutrientes. Tal adequação ocorre por meio de operações como calagem, gessagem e adubações corretivas com P, K e micronutrientes, realizadas de uma única vez, na abertura de área, ou gradualmente, ao longo dos primeiros cultivos, para alcançar níveis satisfatórios dos atributos químicos, buscando-se associar também práticas que permitam manter ou aumentar os teores de matéria orgânica (LOPES; GUILHERME; RAMOS, 2012; LOPES e GUILHERME, 2016).

Dentre os objetivos desses procedimentos destacam-se: i) controle de problemas relacionados à acidez do solo na camada

superficial e em subsuperfície; ii) fornecimento de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) que, além de nutrientes, são importantes para compor quantidades satisfatórias de bases trocáveis no solo; iii) elevação dos teores de P, K e micronutrientes a valores acima dos níveis críticos para o desenvolvimento das culturas; e iv) conservação do teor de matéria orgânica para preservação da CTC, retenção de água no solo, manutenção da atividade microbiana e contribuição no suprimento de N, entre outras funções. O atendimento dessas condições deve constituir um pré-requisito quando se vislumbra o desempenho técnico e economicamente viável das culturas a serem exploradas.

Em um sentido mais amplo, o entendimento é de que solos de fertilidade construída seriam ambientes condicionados para alto potencial produtivo, apresentando elevado grau de tamponamento e resiliência. Nesse contexto, de acordo com Kappes e Zancanaro (2014), os solos de fertilidade construída são aqueles que no início de seu cultivo apresentavam limitações ao desenvolvimento das lavouras, mas, devidamente manejados ao longo do tempo, passaram a exibir condições químicas, físicas e biológicas adequadas para as culturas expressarem seu potencial produtivo.

Sob essa ótica, além das correções químicas para obter disponibilidade de nutrientes acima dos níveis críticos, a etapa de construção envolve, necessariamente, cuidados para a preservação ou melhoria de atributos físicos e biológicos desejáveis no perfil onde ocorrem as interações solo-planta. Ganha importância a visão do correto manejo do sistema como um todo, integrando, conforme a necessidade, práticas de conservação do solo e da palhada, adubação, plantio direto, diversificação de culturas, uso de plantas de cobertura, manutenção da qualidade física, retenção de água, etc.

De acordo com Bortolon et al. (2016), manejos que permitam altos aportes de material orgânico ao solo proporcionarão a sustentabilidade dos sistemas de produção. Em geral, nas áreas de fertilidade construída e com elevadas produtividades são observadas as seguintes características: (i) altos teores de MOS; (ii) maior capacidade de retenção de água disponível no solo; (iii) solos e práticas de manejo que não afetam negativamente o estabelecimento inicial das culturas; (iv) solos que, mesmo em épocas de veranico, apresentam bom conteúdo de água em profundidade; e (v) solos que apresentam teores de nutrientes adequados, de acordo com as exigências das culturas que compõem o sistema produtivo.

Com os avanços no desenvolvimento agrícola do País, a tendência é que parte cada vez mais significativa das áreas de cultivo de espécies anuais passe a expressar *status* de fertilidade construída, como exemplificado na Figura 2, elaborada a partir da base de dados para agricultura de precisão da empresa CAMPO – Centro de Tecnologia Agrícola e Ambiental. Trata-se de um conjunto de 78.122 amostras de solo, coletadas na camada de 0 a 20 cm de profundidade, a cada dois hectares, representando cerca de 160 mil hectares de lavouras no cerrado dos estados de Minas Gerais, Goiás, Distrito Federal e Bahia. Pode-se observar que a acidez dos solos está sob controle satisfatório, conforme denotam os baixos teores

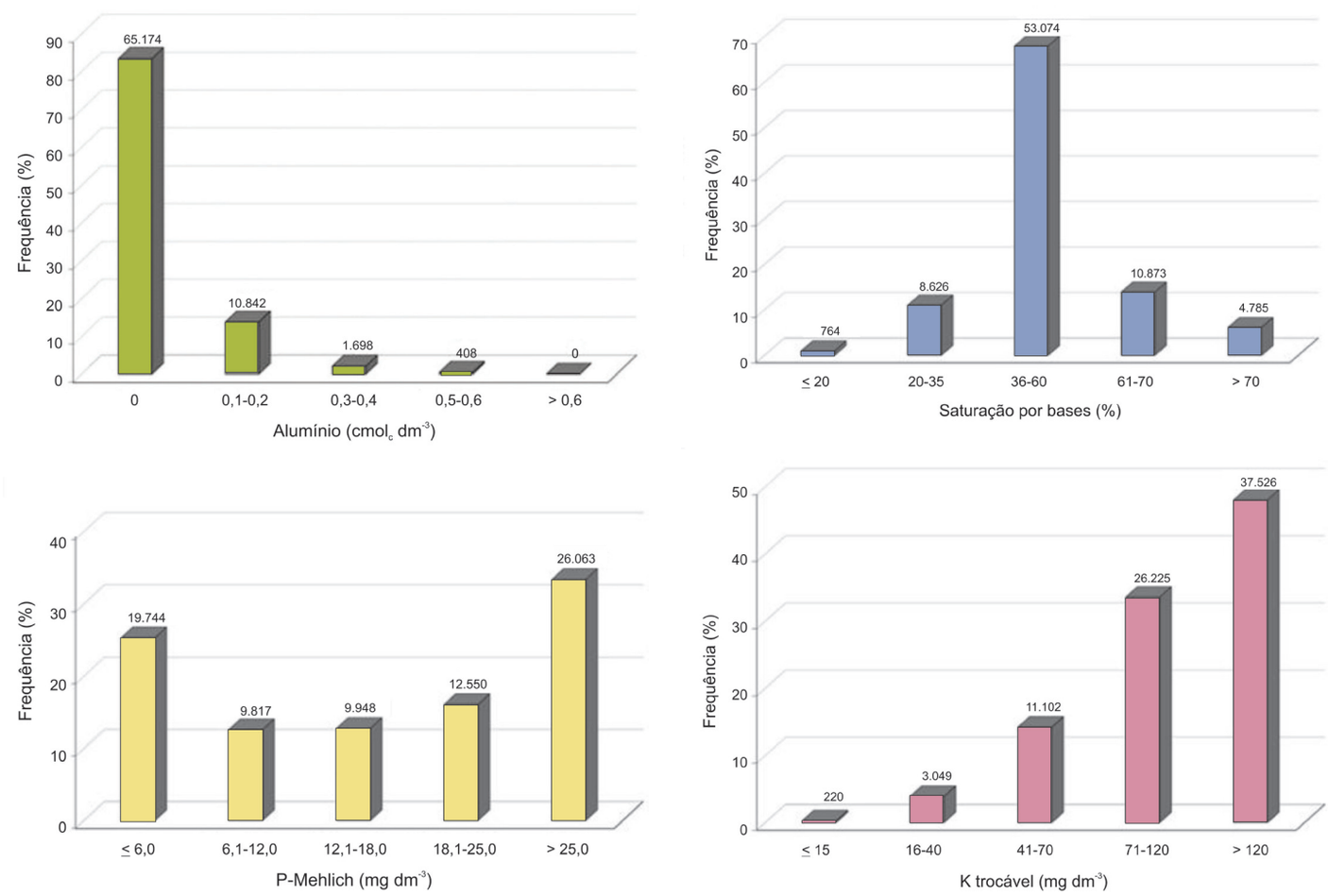

Figura 2. Distribuição de frequência de atributos da fertilidade do solo em 78.122 amostras da camada de 0-20 cm de profundidade, em lavouras no cerrado dos estados de Minas Gerais, Goiás, Distrito Federal e Bahia. Significativa proporção apresenta acidez sob controle, além de acúmulo de P e K pelo efeito residual das adubações.

Fonte: CAMPO/Embrapa Milho e Sorgo (não publicado); Resende et al. (2016).

de alumínio trocável e os valores adequados da saturação por bases (30% a 60%) para a maior parte das amostras. Os teores de P e K disponíveis estão elevados em boa parte das amostras, atestando que o residual das adubações realizadas incrementou a fertilidade dos talhões em níveis muito superiores aos que seriam comuns 15 ou 20 anos atrás em lavouras na região do Cerrado. Em muitas áreas, mesmo a camada subsuperficial do solo já se encontra devidamente corrigida, apresentando níveis de acidez que não impedem o aprofundamento radicular das culturas, condição alcançada graças ao uso da gessagem (WILDA et al., 2012).

Quando o foco é a fertilidade química, deve-se considerar dois condicionantes fundamentais. O primeiro diz respeito à Lei de Liebig, a qual enfatiza que o rendimento de uma cultura é limitado pelo nutriente que se encontra em menor disponibilidade no sistema, mesmo que os demais estejam disponíveis em quantidades adequadas. O segundo se refere à Lei de Mitscherlich, a qual afirma que à medida que um solo pobre recebe adições crescentes de um dado nutriente os ganhos de rendimento são inicialmente mais elevados, mas diminuem sucessivamente com o aumento das doses aplicadas até atingir a estabilidade, quando a adição de mais fertilizante pode reduzir a produtividade ou produzir toxicidade (RAIJ, 2011). Considerando esses condicionantes, a adubação deve ser regulada em qualidade e quantidade, observando-se o correto balanceamento entre os diversos nutrientes e a economicidade de aportes adicionais quando no seu fornecimento.

Nesse contexto, o nível crítico de um nutriente indica o valor encontrado na análise de solo acima do qual diminui a probabilidade de resposta em produtividade da cultura à aplicação de insumo ou ao manejo para incrementar o teor do nutriente em questão. Com base no padrão de resposta à disponibilidade de um nutriente, o seu nível crítico costuma ser estabelecido como o teor no solo que proporciona 80 a 90% da maior produção possível naquele ambiente e, teoricamente, estaria associado à produção de máxima eficiência econômica (CANTARUTTI et al., 2007). O valor do nível crítico corresponde ao limite superior do intervalo interpretado como "Médio" na análise do solo (Figura 1), constituindo a meta que se busca superar na fase de construção da fertilidade, podendo variar regionalmente em função dos extratores utilizados em laboratório, dos tipos de solo e das culturas consideradas, além de outros critérios estipulados por diferentes grupos de pesquisa.

Percebe-se que a construção da fertilidade do solo tem passos bem definidos, e que não se trata de um processo estanque no qual implementam-se determinadas ações e chega-se a um resultado desejável estabilizado. Como estão envolvidos vários componentes dinâmicos e diversas alternativas para tomada de decisões de manejo, alcançar e manter as condições ideais não é uma tarefa trivial. Muitas vezes, a avaliação de nutrientes isolados revela valores acima dos níveis críticos, o que, em princípio, indicaria fertilidade construída para aqueles atributos. No entanto, essa situação pode ser passível de otimização, ou melhor equilíbrio, se algum outro fator de produção manejável (de ordem nutricional ou não) ainda não estiver adequado. Para tirar maior proveito das conveniências de se trabalhar em solos de fertilidade construída é preciso investir em qualidade dos diagnósticos, a partir do monitoramento mais frequente do solo e das respostas das culturas, com o devido acompanhamento técnico. Isso possibilita ajustes e reorientações das estratégias de manejo ao longo do tempo, de forma a maximizar o desempenho do sistema de produção.

3. PROCESSOS RELACIONADOS À CONSTRUÇÃO DA FERTILIDADE E MANUTENÇÃO DE AMBIENTES DE ELEVADO POTENCIAL PRODUTIVO

O desenvolvimento das bases conceituais e das recomendações de práticas para a construção da fertilidade do solo teve início no Brasil há mais de 60 anos e recebeu aperfeiçoamentos e adaptações regionais, consolidados nos manuais de interpretação de análise de solo e indicações de uso de corretivos e adubos (RAIJ et al., 1996; RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVAREZ V., 1999; CQFS-RS/SC, 2004; SOUSA; LOBATO, 2004; FONTOURA et al., 2015). Desse modo, estão bem estabelecidas e disseminadas as tecnologias envolvendo calagem, gessagem e adubações corretivas com P, K e micronutrientes.

A análise do solo é o instrumento balizador da definição de quanto de cada insumo precisa ser aplicado em uma dada condição. Tendo como referência os níveis críticos dos atributos de fertilidade sugeridos para uma determinada região (Tabela 1, Tabela 2 e Tabela 3) é possível confrontar os resultados da análise e, prosseguindo com consultas a tabelas ou fórmulas indicadas nos manuais, chegar às quantidades de corretivos, condicionadores de solo e fertilizantes mais apropriadas a cada caso.

Os dados da Tabela 1 e da Tabela 2 são indicadores das condições mínimas a serem estabelecidas na etapa de construção da fertilidade, respectivamente, para solos da região do Cerrado e para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Um exemplo de particularização e ajuste desses indicadores em âmbito territorial mais definido consta na Tabela 3, em que os valores propostos foram estabelecidos considerando as condições edafoclimáticas

Tabela 1. Valores de referência para atributos da fertilidade do solo, na camada de 0 a 20 cm de profundidade[1], para o estabelecimento de ambientes de produção intensiva no Cerrado. Níveis críticos correspondem ao maior valor para cada atributo, considerando subdivisões relacionadas à textura/CTC.

Teor de argila	Matéria orgânica	Atributos associados à fertilidade do solo[1]									
		P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Mn	Zn	V
(g kg^{-1})	(g kg^{-1})	- - - (mg dm^{-3}) - - -		- - - (cmol$_c$ dm^{-3}) - - -		- - - - - - - - - - - - - - - - - - (mg dm^{-3}) - - - - - - - - - - - - - - - - - -					(%)
< 150	8 a 10	18 a 25	30 a 40	1,5 a 2,4	0,5 a 1,0	5,0 a 9,0	0,3 a 0,5	0,5 a 0,8	2,0 a 5,0	1,1 a 1,6	40 a 50
160 a 350	16 a 20	15 a 20	70 a 80								
360 a 600	24 a 30	8 a 12									
> 600	28 a 35	4 a 6									

[1] Teores de P e K determinados com o extrator Mehlich 1. Teor de S determinado por extração com $Ca(H_2PO_4)_2$ e interpretação considerando a média dos valores obtidos em amostras coletadas nas profundidades de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm. Teor de B determinado por extração com água quente e teores de Cu, Mn e Zn determinados com o extrator Mehlich 1, com interpretação considerando o pH (água) do solo próximo de 6,0. Para o K, os teores críticos de 40 e 80 mg dm^{-3} referem-se a solos com $CTC_{pH\ 7,0}$ < 4,0 e > 4,0 cmol$_c$ dm^{-3}, respectivamente.

Fonte: Adaptada de Sousa e Lobato (2004) e Benites et al. (2010).

Tabela 2. Valores de referência para atributos da fertilidade do solo, na camada de 0 a 20 cm de profundidade[1], para o estabelecimento de ambientes de produção intensiva no Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Níveis críticos correspondem ao maior valor para cada atributo, considerando subdivisões relacionadas à textura/CTC.

Teor de argila	Matéria orgânica	Atributos associados à fertilidade do solo[1]									
		P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Mn	Zn	V
($g\ kg^{-1}$)	($g\ kg^{-1}$)	- - - - ($mg\ dm^{-3}$) - - - -		- - - ($cmol_c\ dm^{-3}$) - - -		- - - - - - - - - - - - - - - - - - ($mg\ dm^{-3}$) - - - - - - - - - - - - - - - - - -					(%)
≤ 200	25	14,1 a 21,0	31 a 45	2,1 a 4,0	0,6 a 1,0	2,0 a 5,0	0,1 a 0,3	0,2 a 0,4	2,5 a 5,0	0,2 a 0,5	45
210 a 400	25 a 50	8,1 a 12,0	41 a 60								45 a 64
410 a 600	> 50	6,1 a 9,0									65 a 80
> 600	-	4,1 a 6,0	61 a 90								80

[1] A profundidade de 0-20 cm corresponde à camada diagnóstica na fase de estabelecimento do sistema plantio direto. No sistema consolidado, o monitoramento deve, preferencialmente, basear-se em amostras estratificadas de 0-10 cm e 10-20 cm. Teores de P e K determinados com o extrator Mehlich 1. Teor de S determinado por extração com $Ca(H_2PO_4)_2$. Teor de B determinado por extração com água quente e teores de Cu, Mn e Zn determinados com extrator Mehlich 1. Para o K, os teores críticos de 45, 60 e 90 $mg\ dm^{-3}$ referem-se a solos com $CTC_{pH\ 7,0}$ < 5,0, entre 5,1 e 15,0 e > 15,0 $cmol_c\ dm^{-3}$, respectivamente.

Fonte: Adaptada de CQFS-RS/SC (2004).

Tabela 3. Valores de referência para atributos da fertilidade do solo, na camada de 0 a 20 cm de profundidade, para o estabelecimento de ambientes de produção intensiva na região centro-sul do Paraná. Níveis críticos correspondem ao maior valor para cada atributo.

Teor de argila	Matéria orgânica	Atributos associados à fertilidade do solo									
		P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Mn	Zn	V
($g\ kg^{-1}$)	($g\ kg^{-1}$)	- - - ($mg\ dm^{-3}$) - - -		- - - ($cmol_c\ dm^{-3}$) - - -		- - - - - - - - - - - - - - - - - - ($mg\ dm^{-3}$) - - - - - - - - - - - - - - - - - -					(%)
350 a 600	41 a 60	4 a 8	47 a 90	2,0 a 4,0	0,5 a 1,0	2,0 a 5,0	0,1 a 0,3	0,2 a 0,4	2,5 a 5,0	0,2 a 0,5	50 a 70

[1] Teores de P e K determinados com o extrator Mehlich 1. Teor de S determinado por extração com $Ca(H_2PO_4)_2$. Teor de B determinado por extração com água quente e teores de Cu, Mn e Zn determinados com o extrator Mehlich 1.

Fonte: Adaptada de Fontoura et al. (2015) e CQFS-RS/SC (2004).

e os sistemas de cultivo característicos da área de atuação da Cooperativa Agrária, no centro-sul do Paraná. De fato, o uso de critérios regionalizados mais específicos, de preferência validados localmente, é um requisito importante quando se busca aprimorar a gestão de solos de fertilidade construída.

Geralmente, o alcance dos níveis críticos sugeridos na literatura é necessário, mas não suficiente, para garantir elevadas produtividades de forma continuada, as quais apenas serão viabilizadas por meio das adubações de manutenção no decorrer das safras. Outro aspecto importante é que os valores críticos não representam patamares finais de fertilidade que devam ser rigorosamente observados. Dependendo do solo, das condições ambientais, do sistema de produção explorado, das produtividades almejadas e da economicidade, as metas de *status* de fertilidade a serem mantidas podem ser reajustadas e ficar bem acima dos níveis críticos clássicos. Nesse caso, deve-se redobrar a atenção no equilíbrio do que for reajustado em relação a outros atributos do solo, porque muitas das vezes não há maior vantagem em se incrementar um fator de forma isolada.

Em qualquer sistema de produção, a calagem é prática essencial para correção da acidez do solo e os calcários são os insumos mais comumente utilizados para essa finalidade. A reação do calcário e, consequentemente, os benefícios da calagem ocorrem no perfil de acordo com a profundidade de incorporação, tendo em vista a baixa mobilidade no solo dos constituintes derivados de carbonatos de cálcio e de magnésio. No Brasil, tem-se diferentes métodos de cálculo da necessidade de calagem, mas a porcentagem de saturação por bases (V%), mensurada em algum momento após a aplicação do calcário, é frequentemente considerada como indicadora do grau de correção da acidez obtido com o procedimento.

No caso do SPD, em que não deve haver revolvimento do solo, as aplicações de materiais corretivos apresentam efeitos claramente detectáveis na camada mais superficial, até 5 cm. A partir daí, forma-se um gradiente de intensidade decrescente, em que a frente de correção da acidez se aprofunda lentamente, sob efeito da dosagem utilizada e do tempo decorrido da aplicação (CAIRES, 2013).

A situação é diferente no caso de solos arenosos, onde a ação do calcário aplicado superficialmente atinge profundidades maiores, podendo seu efeito alcalinizante ser verificado a até 60 cm no perfil do solo (GATIBONI, 2003). Isso decorre essencialmente das características físicas dos solos arenosos, que apresentam maior macroporosidade. O arraste de partículas finas de calcário pela água é facilitado pelos macroporos ou por bioporos originários da decomposição do sistema radicular das plantas. Além disso, como estes solos possuem baixo poder tampão, a acidez pode ser corrigida com menores doses de calcário, comparativamente aos solos argilosos, sendo então mais importante monitorar a disponibilidade de Ca e Mg, para que os seus teores absolutos estejam satisfatórios.

O ideal é que um solo de fertilidade construída receba inicialmente, antes do estabelecimento do plantio direto, incorporação de calcário na quantidade necessária para adequar o estado de acidez e ainda criar um efeito residual que faça perdurar, pelo máximo de tempo possível, condições favoráveis ao desenvolvimento radicular das culturas na camada até 20 ou 30 cm de profundidade. A partir de então, aplicações superficiais periódicas possibilitarão manter um fluxo, gradativo, porém contínuo, de reabastecimento do perfil com as bases Ca e Mg e de compensação dos processos de reacidificação do solo que ocorrerão com o tempo.

O aprofundamento radicular no perfil costuma ser prejudicado por fatores relacionados à acidez em camadas subsuperficiais do solo,

mesmo em áreas que já tenham recebido alguma incorporação de calcário. É comum que baixos teores de Ca e presença de alumínio (Al) em saturação acima de 20% na CTC efetiva sejam fatores limitantes em profundidade, sobretudo nos solos mais intemperizados (RAIJ, 1988; SOUSA; LOBATO; REIN, 2005). Nesse caso, a tecnologia de gessagem permite condicionar porções inferiores do perfil, onde o efeito da calagem não chega. Numa explicação simplificada, pode-se considerar que as características inerentes à molécula do gesso ($CaSO_4.2H_2O$) possibilitam uma dinâmica peculiar, em que há mobilização vertical de $CaSO_4^0$ para estratos abaixo da camada arável. Aí ocorre a dissociação dessa molécula e o sulfato pode ligar-se ao Al, reduzindo sua atividade e toxidez às plantas, enquanto o Ca liberado diminui a saturação por Al ao mesmo tempo em que estimula o crescimento do sistema radicular.

Desse modo, um dos benefícios mais significativos da gessagem é o de permitir o acesso de raízes a zonas mais profundas do solo, e consequente aproveitamento de água e nutrientes disponíveis, fato este que assume especial relevância para o desempenho das culturas quando as plantas ficam sujeitas a períodos de déficit hídrico (veranicos), principalmente em solos arenosos e cultivos na modalidade safrinha. Essa ampliação do ambiente de crescimento radicular também resulta em incorporação de carbono (C) no perfil, com todas as melhorias em atributos químicos, físicos e biológicos associadas à maior presença de MOS (VEZZANI et al., 2008; SÁ et al., 2008; 2010; BABUJIA et al., 2010; LOPES et al., 2013; PEREIRA et al., 2016).

Mediante diagnósticos apropriados, as práticas de calagem e gessagem se tornaram de uso corrente na agricultura tecnificada, não somente na abertura de área, mas como parte do manejo periódico da acidez em talhões de fertilidade construída. Parece, inclusive, haver algum efeito sinérgico decorrente da aplicação conjunta de calcário e gesso, que aumentaria a mobilização de seus constituintes para camadas inferiores. Especificamente nesse aspecto, resultados experimentais em Latossolo Vermelho argiloso no Paraná (CAIRES; FELDHAUS; BLUM, 2001) forneceram indicativos de que, ao invés do uso isolado, a conjugação da calagem com a gessagem potencializa o condicionamento subsuperficial do perfil, ao promover maior incremento de Ca e consequente redução da saturação por Al, além de uma sutil elevação do pH em profundidade. Adicionalmente, essa combinação de práticas corretivas da acidez estimula a atividade biológica e promove maior acumulação de carbono orgânico no SPD (INAGAKI et al., 2016).

Para alcançar a condição de fertilidade construída, além do controle da acidez, os solos devem ter recebido adubações corretivas com P, K e micronutrientes, quando necessário. As alternativas e procedimentos para essas operações se encontram bem delineados nos manuais de fertilidade do solo e adubação, cujo conteúdo é repassado de forma bastante efetiva durante a formação dos profissionais de ciências agrárias. Não obstante, as adubações corretivas podem não surtir o efeito desejado quando realizadas sem a devida incorporação, o que compromete a qualidade e a longevidade do SPD. No anseio de ganhar tempo, alguns agricultores ainda incorrem nesse erro e logo adiante se deparam com o insucesso na adoção do SPD.

Um perfil de fertilidade construída em toda a camada de 0 a 20 cm é a premissa principal a ser observada quando se pretende estabelecer um SPD de qualidade, para alto potencial produtivo. Especificamente, o P precisa ser manejado de forma a assegurar disponibilidade satisfatória nessa camada, o que não se consegue somente com aplicações em superfície sem incorporação, devido à mobilidade muito baixa, característica desse nutriente (SOUSA; LOBATO, 2004; NUNES et al., 2011). Negligenciar esse fato certamente aumenta o risco quando as lavouras se desenvolvem sob a influência de veranicos, além de prejudicar a expressão do potencial genético de cultivares de alta produtividade (RESENDE, 2011; OLIVEIRA JUNIOR; CASTRO, 2013; FONTOURA et al., 2015; ZANCANARO et al., 2015a).

Em sequência às adubações corretivas, trabalha-se com as adubações de manutenção a cada cultivo, e é nesse componente do manejo da fertilidade que surgem mais dúvidas quanto ao dimensionamento. Ao lidar com as necessidades nutricionais das culturas, que reagem a fatores bióticos e abióticos do meio em interações inconstantes e de difícil previsibilidade, as incertezas passam a interferir nos critérios para a tomada de decisão. Em última instância, as produtividades resultantes de muitos condicionantes e suas interações é que vão delimitar as reais exigências de adubação ao longo do tempo. A possibilidade de perdas de nutrientes do sistema, em maior ou menor proporção, acrescenta mais complexidade ao planejamento. Por isso, mesmo quando se procura seguir os passos definidos na literatura para as escolhas relacionadas às adubações de manutenção, frequentemente são detectadas falhas em termos quantitativos e qualitativos, com excessos, carências e desbalanços entre nutrientes. De todo modo, pode-se esperar a ocorrência de efeito residual das sucessivas aplicações de fertilizantes nas adubações de manutenção, o que acaba por compor e ampliar os estoques de nutrientes no ambiente de cultivo (Figura 2), em magnitude variável, conforme as características do nutriente, do solo e do manejo das lavouras.

Nas áreas de produção de grãos com maior investimento tecnológico e uso mais intensivo de adubos e corretivos, geralmente verifica-se que nutrientes como P, Ca, Mg e Zn apresentam tempo de residência mais prolongado e tendem a se acumular no sistema, com nítido reflexo em elevação dos teores disponíveis na análise de solo. Comportamento intermediário se percebe no caso do K, S e Cu, cujas disponibilidades podem oscilar de forma um pouco mais abrupta, a depender do balanço entre as quantidades fornecidas e a demanda pelas culturas. Já para N e B, sabe-se que a permanência em condições de aproveitamento pelas plantas tende a ser mais efêmera, caracterizando baixo efeito residual, mesmo com adubações frequentes e doses relativamente elevadas.

Pelo exposto, conclui-se que a condição de fertilidade construída não é estática e caracteriza-se pela oscilação temporal dos níveis de acidez e de disponibilidade de nutrientes. Cabe ressaltar que diferentes ambientes de cultivo podem ser mais ou menos estáveis, a exemplo, respectivamente, de solos argilosos e arenosos, que são muito contrastantes quanto ao tamponamento de atributos da fertilidade. Independentemente da textura, o poder tampão dos solos está sujeito também à forte influência de seus constituintes orgânicos, sendo diretamente proporcional ao conteúdo de matéria orgânica (SILVA et al., 1994; SÁ et al., 2010; CANELLAS et al., 2008), cujo efeito é ainda mais proeminente no caso dos ambientes muito intemperizados das zonas tropicais em que as argilas são de baixa atividade.

Práticas agrícolas que favoreçam a conservação ou aumento da MOS assumem, assim, papel de alta relevância, tornando a adoção do SPD um requisito fundamental para a estabilidade e incremento do potencial produtivo dos solos de fertilidade construída, como se discutirá adiante. Sob esse ponto de vista, a condução do SPD com diversificação de espécies e elevado aporte de palhada deve constituir a etapa mais avançada a integrar o conjunto de técnicas preconizado para a construção da fertilidade (Figura 3).

O esquema apresentado na Figura 3 sintetiza o processo de diagnóstico das necessidades do sistema, que deve ser realizado com alguma frequência nas áreas de produção, para nortear/reorientar a tomada de decisão quanto às principais práticas de manejo, buscando estabelecer e manter ambientes de alto potencial

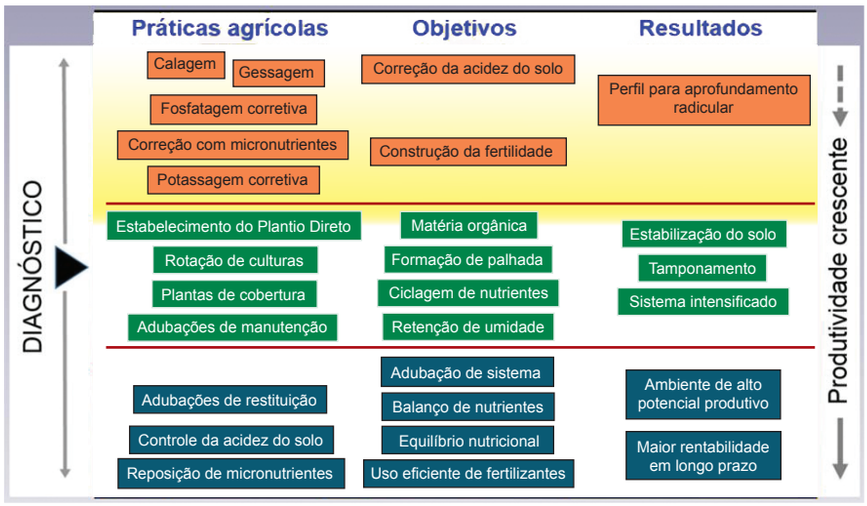

Figura 3. Diagrama esquemático relacionado ao diagnóstico e priorização de práticas agrícolas para o estabelecimento e manutenção de ambientes de alto potencial produtivo.
Crédito: Álvaro Resende.

produtivo. O gradiente de fundo da cor laranja até a azul posiciona as etapas a serem galgadas para níveis crescentes de produtividade e sustentabilidade, e representa uma hierarquização das situações encontradas nos diagnósticos, a qual leva à priorização das operações a serem realizadas pelo produtor. Por exemplo, se o monitoramento do talhão traz um diagnóstico que aponta a necessidade de determinada prática situada na região laranja do diagrama, significa que aquela prática é preferencial em relação a outras situadas nas regiões verde e azul. Sem a realização de tal prática prioritária, haverá maior restrição ao desempenho das culturas, diminuindo, por consequência, o retorno a outros investimentos no manejo do sistema.

Os solos em ambientes e sistemas de produção variados possuem distinta capacidade de estoque de nutrientes e pode ser interessante manter essa capacidade elevada quando se almeja incrementos em produtividade. Ou seja, em determinadas situações, pode ser possível e compensador trabalhar com nível mais elevado de fertilidade. Nesse sentido, é conveniente buscar meios de aferir como o ambiente de cultivo se comporta quanto à aptidão para estocagem e ciclagem de nutrientes. A maneira mais simples de conhecer o potencial de retenção ou de perda de nutrientes é por meio do monitoramento da oscilação de disponibilidade na análise do solo ao longo do tempo, buscando-se associar tal oscilação a adições e remoções que ocorrem em safras sucessivas (Figura 4). Se o teor disponível no solo aumenta com o tempo, em consonância com os aportes de um dado nutriente nas adubações, tem-se o indicativo de que aquele ambiente pode funcionar como um bom reservatório e suportar um *status* de fertilidade mais elevado. Do contrário, constata-se que já foi atingido o limite de retenção daquele nutriente e que novas aplicações deverão ser vinculadas às exigências das culturas, devendo-se, eventualmente, parcelar em mais vezes a adubação.

A despeito da gama de situações existentes nas regiões produtoras, é possível estabelecer as condições que contribuem para reduzir as perdas de nutrientes das áreas de cultivo. Serão ambientes conservadores de nutrientes, com maior armazenamento ou menor declínio, os solos que associem as seguintes características: relevo plano; textura argilosa; porosidade que permita boa infiltração de água, mas sem drenagem excessiva; teor de matéria orgânica e CTC mais elevados; perfil sem acidez e com boa disponibilidade de nutrientes. Além disso, quanto mais intensivamente vegetado, com plantas vivas por mais tempo ao longo do ano e presença de espécies com raízes profundas, maior será a capacidade do sistema captar os nutrientes derivados das adubações e mantê-los em circulação, minimizando a probabilidade de perdas ou indisponibilização. Combinadas essas condições, e sendo os processos erosivos devidamente controlados, se estabelecem fluxos de "nutrientes circulantes no sistema", não havendo remoção significativa, a não ser pela exportação nos produtos colhidos.

A Figura 5 ilustra as condições desejáveis para melhor aproveitamento, retenção e ciclagem de nutrientes nos ambientes de produção de grãos. A base é o perfil com fertilidade construída, que estimula o desenvolvimento abundante de raízes em profundidade no solo, permitindo alcançar nutrientes e água disponíveis em subsuperfície. Nesse aspecto, além de Ca, as zonas com maior disponibilidade de P favorecem a proliferação de raízes (COSTA et al., 2009; SOUSA et al., 2013). Associada ao SPD, a adoção de práticas de intensificação ecológica, de acordo com a oferta ambiental e os sistemas de produção regionais, deverá preferencialmente envolver diversidade de espécies (gramíneas e leguminosas) e de arquitetura radicular (fasciculada e pivotante). Plantas de sistema radicular robusto (braquiárias, milheto) contribuem de maneira conveniente para mobilização ascendente e descendente de nutrientes, recuperando aqueles eventualmente deslocados para zonas inferiores [K, S, boro (B)] e auxiliando na incorporação de outros menos móveis (P, Ca), além de aportar carbono e agregar os benefícios da MOS em camadas mais profundas.

Figura 4. Representação esquemática do processo de monitoramento e manejo de solos de fertilidade construída, considerando perdas minimizadas. O balanço de entradas (A) e saídas (B) de nutrientes e sua influência sobre o estado de fertilidade do solo (C) fornece subsídios para ajustes no dimensionamento das adubações de manutenção (D) ao longo do tempo.
Crédito: Álvaro Resende.

Um sistema assim conduzido preserva as propriedades físicas desejáveis, incluindo a infiltração e retenção de água, e promove a diversidade e atividade microbiana. Os processos de ciclagem são potencializados, originando um estoque de nutrientes circulantes na biomassa (plantas vivas, palhada, matéria orgânica, microrganismos), que, desse modo, ficam mais protegidos dos fenômenos de indisponibilização e de perdas. Como resultado final, tem-se a manutenção de condições favoráveis à obtenção de altas produtividades e com maior eficiência na utilização de fertilizantes e de água.

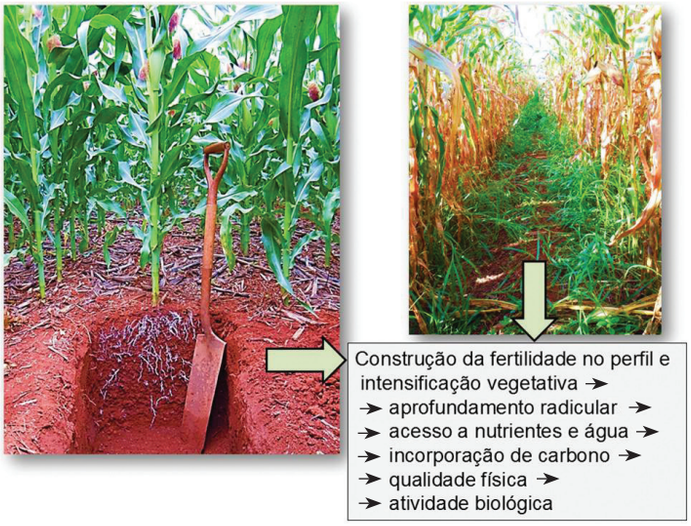

Figura 5. Perfil com fertilidade construída (esquerda) e intensificação ecológica com braquiária consorciada (direita) em pleno desenvolvimento na maturação do milho. Exemplos de condições para melhor aproveitamento de nutrientes e água.

Crédito: Álvaro Resende.

4. PAPEL DO PLANTIO DIRETO E DA INTENSIFICAÇÃO ECOLÓGICA NA ESTABILIZAÇÃO DA FERTILIDADE CONSTRUÍDA

Os conceitos de tamponamento, resiliência e estabilidade dos ambientes de produção de culturas anuais são intrinsecamente relacionados ao SPD bem implantado e conduzido, graças especialmente ao seu papel na conservação da MOS, como pode ser observado na Figura 6. No caso em questão, a estabilidade produtiva do sistema foi mantida quando houve aporte de palhada por meio da rotação de culturas adotada ao longo do tempo, enquanto, sob monocultivo, é perceptível a ausência de palha em superfície, resultando em menores níveis de MOS e atividade biológica, o que culmina em visível perda de vigor da soja. A análise de rotina para MOS, na camada de 0 a 10 cm, indicou teores de 32 e 40 g kg^{-1} nas parcelas com monocultivo e rotação de culturas, respectivamente.

A implementação do SPD de longa duração, com combinação mais diversificada de culturas e plantas de cobertura, caracterizando a intensificação ecológica do sistema de produção, favorece maior produção de biomassa (palhada) e fortalece justamente as qualidades de tamponamento, resiliência e estabilidade nos solos de fertilidade construída. Alcançar tal condição traz reflexos muito positivos na estruturação e funcionamento do sistema solo-água-microrganismo-planta, sobretudo ao amenizar os impactos de períodos de estresses bióticos e abióticos ou mesmo de falhas no manejo da adubação e das culturas, o que tende a gerar ganho diferencial na produtividade acumulada em longo prazo.

Do contrário, os cultivos sucessivos (soja/milho safrinha, soja/trigo) e monocultivos provocam a degradação física, química e biológica do solo, além de acentuar a vulnerabilidade da propriedade agrícola às instabilidades econômicas e climáticas. Uma particularidade do momento diz respeito à incidência de nematoides fitopatogênicos de diversas espécies em novas áreas de cultivo, cujos prejuízos aos produtores têm impulsionado o uso de rotação de culturas ou consórcios com plantas não hospedeiras (crotalárias), visando à redução das populações desses patógenos no solo.

A diversidade de combinações de sistemas em rotação, sucessão e consórcio amplia as opções de usos múltiplos das espécies cultivadas. No sistema de integração lavoura-pecuária (ILP) na região do Cerrado, por exemplo, o consórcio de culturas produtoras de grãos com forrageiras tropicais tem como finalidade o fornecimento de alimento para a exploração pecuária a partir do final do verão até o início da primavera, e, posteriormente, a formação de palhada para o cultivo da espécie produtora de grãos em SPD (BORGHI et al., 2013). Forrageiras dos gêneros *Urochloa* (Syn. *Brachiaria*) e *Megathirsus* (Syn. *Panicum*) são bastante apropriadas para a ILP em áreas com restrição de chuvas, pois possuem sistema radicular profundo e maior tolerância à deficiência hídrica, desenvolvendo-se em situações nas quais a maioria das espécies de safrinha não resistiria. Em virtude das diversas vantagens já percebidas pelos produtores, em muitas áreas, a inclusão dessas gramíneas em consórcios com culturas produtoras de grãos (milho e soja) vem sendo feita não para fins de ILP, mas com o propósito de produção de palhada para o SPD e, em alguns casos, também para auxiliar no controle de determinados patógenos de solo (mofo branco) e plantas daninhas (buva).

Figura 6. Aspecto visual do desenvolvimento de uma cultivar de soja superprecoce, após sete anos de monocultivo sem revolvimento do solo (à esquerda) e com rotação de culturas (à direita) envolvendo crotalária e milho safrinha + braquiária, em ambiente de Cerrado no Mato Grosso.

Crédito: Claudinei Kappes (Fundação MT).

Apesar da dificuldade de se incrementar os teores de MOS, mormente nas regiões tropicais (SÁ et al., 2015; CRUSCIOL et al., 2015; CORBEELS et al., 2016), a possibilidade de qualquer acréscimo ou, pelo menos, a manutenção dos teores originais de matéria orgânica representa substancial ampliação da capacidade de reserva e suprimento de nutrientes pelo solo. Esses efeitos decorrem da contribuição proporcionalmente mais elevada da MOS para a CTC dos solos tropicais, principalmente os arenosos (SILVA et al., 1994), e do fluxo de disponibilização de nutrientes advindo de processos de ciclagem pela atividade microbiana nos compartimentos orgânicos. Como resultado, solos com maior conteúdo de carbono orgânico estão vinculados a níveis mais elevados de fertilidade, de biomassa microbiana e de produtividade de grãos (SÁ et al., 2009; LOPES et al., 2013; SÁ et al., 2015). Tais aspectos são notórios nos solos arenosos, por sua baixa CTC devido aos escassos conteúdos de argila e de matéria orgânica, onde a exploração agrícola sustentável só tem chance de se viabilizar com a adoção do SPD e de outras práticas conservacionistas.

Diferentes modalidades de SPD podem resultar em conteúdos de constituintes orgânicos distintos em relação à quantidade e qualidade, o que também depende das condições ambientais, como altitude, pluviosidade e temperatura. De todo modo, sabe-se que teores mais altos de MOS em áreas sob SPD são associados a maiores aportes anuais de resíduos fontes de carbono (SÁ et al., 2015), preferencialmente acima de 10 t ha^{-1} de matéria seca ao ano. Mas também dependem da existência de ambientes enriquecidos com Ca e P (BRIEDIS et al., 2016; INAGAKI et al., 2016), e em especial com N oriundo de sistemas com maior participação de espécies leguminosas como plantas de cobertura (HUNGRIA et al., 2009; BABUJIA et al., 2010; BODDEY et al., 2010; ZOTARELLI et al., 2012; URQUIAGA et al., 2014). Nesse contexto, depreende-se que os solos de fertilidade construída em SPD não somente são ambientes mais propícios à pujante produção de biomassa vegetal, mas efetivamente dispõem dos fatores que fomentam os mecanismos de conversão de resíduos vegetais em estoque de carbono orgânico mais estável no perfil, assumindo, assim, destacado potencial também para a mitigação das emissões de CO_2.

A garantia das premissas do SPD, de mínimo revolvimento do solo, rotação de culturas e produção de palhada para cobertura permanente, tem mostrado ser a melhor saída para solucionar limitações de ordem física nos solos. Altas temperaturas na superfície, compactação e baixa infiltração/retenção de água, são frequentemente associadas a perdas de estande e produtividade em lavouras bem adubadas (ZANCANARO et al., 2015b). A conformidade na condução do SPD ameniza esses problemas e diminui a necessidade/periodicidade de intervenções drásticas para rompimento de barreiras físicas, como operações de escarificação e subsolagem, que são apenas paliativos.

A bioporosidade criada pela atividade radicular e mesofauna do solo, e a possibilidade das raízes de algumas plantas penetrarem em camadas mais compactadas, têm motivado a preconização de sistemas de produção como a rotação e o consórcio de culturas em SPD (ANDRADE; STONE; SILVEIRA, 2010). Benefícios importantes têm sido observados na estruturação do solo, em médio e longo prazos, com a utilização de plantas de cobertura com elevado potencial de fixação de carbono e que possuem sistema radicular volumoso e agressivo (CRUSCIOL et al., 2010), com capacidade de crescer em solos com alta resistência à penetração, criando poros por onde as raízes da cultura seguinte possam crescer em volume e profundidade. Calonego, Borghi e Crusciol (2011) avaliaram as alterações nos atributos físico-hídricos do solo por cultivos de milho solteiro e consorciado com *Urochloa brizantha* cv. Marandu. Concluíram que o cultivo solteiro de milho no verão é suficiente para melhorar as características físicas e estruturais do solo na camada de 0 a 20 cm, porém, o consórcio com braquiária por dois anos consecutivos estendeu tais melhorias à camada de 20 a 40 cm, com redução da resistência mecânica à penetração (Figura 7) e aumento da densidade crítica, permitindo maior capacidade de retenção de água no solo.

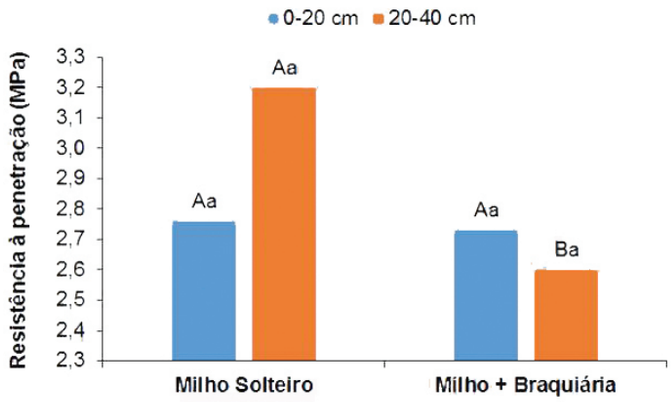

Figura 7. Resistência mecânica à penetração do solo com umidade na capacidade de campo, em sistemas de cultivo de milho solteiro e milho consorciado com braquiária na linha de semeadura, nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm. Letras maiúsculas comparam os sistemas de cultivo em cada profundidade e letras minúsculas comparam as profundidades em cada sistema de cultivo, a 5% pelo teste t.

Fonte: Adaptada de Calonego et al. (2011).

O SPD resguarda os estoques de matéria orgânica, apresentando maior conteúdo de C e N microbianos até 20 cm de profundidade e mais porosidade visível, além de unidades morfológicas de solo menos compactas e poucas raízes com deformidades, quando se trata de sistemas rotacionados em lugar da simples sucessão soja/trigo (SILVA et al., 2014). O SPD de longa duração confere melhor qualidade física e retenção de água no solo (CALONEGO; BORGHI; CRUSCIOL, 2011; MORAES et al., 2016) e a introdução de forrageiras em consórcio com milho preserva atributos físicos desejáveis, refletidos na macroporosidade, além da fertilidade química, aumentando a produção da soja subsequente (CRUSCIOL et al. 2015; PEREIRA et al., 2016).

Quando não há revolvimento intenso do solo, a atividade microbiana, bem como o C e o N da biomassa são favorecidos (HUNGRIA et al., 2009; BABUJIA et al., 2010; SILVA et al., 2010). A biomassa microbiana, a respiração basal e atividade de determinadas enzimas no solo apresentam estreita relação com os teores de C orgânico e com as produtividades obtidas, de modo que níveis elevados desses indicadores microbiológicos denotam solos de alta qualidade e ambientes mais produtivos (LOPES et al., 2013).

Seguidos os pressupostos de rotação de culturas e manutenção de palhada na superfície, sistemas de manejo com revolvimento mínimo do solo tendem a aumentar a eficiência agronômica de fertilizantes em regiões tropicais e subtropicais (CRUSCIOL e SORATTO, 2010). A adoção do SPD e a intensificação ecológica permitirão um sistema mais tamponado pela MOS, reduzindo a ação de processos erosivos (proteção pela palhada), minimizando as perdas de nutrientes por erosão, adsorção ou lixiviação e favorecendo sua recirculação por ciclagem, de forma a prover resiliência e estabilidade ao sistema. Por fim, o SPD também proporciona maior eficiência no uso de água, redução de custos, estabilidade produtiva e econômica, com melhoria das condições de vida do produtor.

5. "BAIXA" RESPOSTA À ADUBAÇÃO EM SOLOS DE FERTILIDADE CONSTRUÍDA

A produtividade é o resultado final que integra uma complexidade de respostas a vários indicadores de solo (LOPES et al., 2013) e também a outros componentes ambientais bióticos e abióticos atuantes durante o ciclo das culturas. Logicamente, a produtividade é favorecida nos solos de fertilidade construída, desde que haja equilíbrio entre a disponibilidade de nutrientes e os demais fatores de produção. Conforme o raciocínio desenvolvido nos tópicos anteriores, quanto mais intenso for o caráter de tamponamento e a resiliência desses solos, maiores as chances de combinações diversas de manejo e eventos ambientais conduzirem a produtividades similares, evidenciando a desejável estabilidade de produção.

Nesse sentido, é comum a percepção de baixa resposta ao aumento nas dosagens de fertilizantes em talhões de cultivo comercial bem conduzidos há algum tempo, o que certamente está relacionado aos ganhos em estoques de nutrientes, tamponamento e resiliência nesses ambientes devido ao manejo empreendido. Quando a maior parte dos fatores de produção gerenciáveis é ajustada, o sistema passa a suportar melhor e amenizar eventuais impactos decorrentes de variações na adubação e em fatores ambientais, de modo que, se por um lado tais variações não resultam em incrementos de produtividade, por outro, não há perdas significativas.

Como seria de se esperar, dados experimentais e resultados de observações de produtores sobre correção da acidez e adubação em áreas de fertilidade construída não expressam aquelas nítidas respostas relatadas nos estudos brasileiros clássicos, conduzidos em solos que nunca haviam recebido aplicações de calcário ou de fertilizantes. A análise de trabalhos mais recentes, envolvendo experimentação em áreas que já se encontravam há vários anos em processo produtivo tecnificado e com plantio direto, permite constatar substancial diminuição na magnitude das respostas ao fornecimento de nutrientes (SÁ, 2004; PAULETTI, 2006; WENDLING et al., 2008; RESENDE et al., 2006; SILVA et al., 2006; LANGE; LARA CABEZAS; TRIVELIN, 2008; FONTOURA et al., 2010; RESENDE, 2011; LACERDA et al., 2015), em que doses moderadas de fertilizantes são suficientes para a obtenção de produtividades bastante satisfatórias. Como parte dessa mudança, no SPD tem-se comprovado aumento da eficiência de aproveitamento dos fertilizantes aplicados, em especial dos fosfatados (SOUSA et al., 2013), bem como maior participação de formas orgânicas no total de nutrientes supridos às plantas, atenuando os efeitos que seriam esperados com a adubação.

Assim, pesquisas de adubação em solos de fertilidade construída são, de certa forma, dificultadas por essa baixa magnitude de resposta. Tanto o isolamento de um único fator/nutriente como variável independente, quanto a avaliação do efeito global de um produto multinutriente, podem ter conclusões pouco respaldadas se o planejamento experimental não for criterioso nos contrastes necessários para discriminar as verdadeiras relações de causa e efeito. Visto que esses solos constituem sistemas mais complexos, há maior chance de ocorrência de efeitos confundidos que mascaram os resultados. Baseado somente em medições de produtividade, tratamentos com diferentes produtos ou formas de manejo da adubação tendem a apresentar eficiência técnica equiparável, quando avaliados nesses ambientes cuja fertilidade atual já suplanta a perspectiva de resposta das culturas. Trata-se de pseudoeficiência na realidade, por simples inexistência de diferença devido a qualquer tentativa de modificação no fornecimento de nutrientes. Inclusive, há situações nas quais até mesmo a ausência de adubação não tem efeito sobre a produtividade.

Por essas razões, qualquer estudo de novos produtos ou práticas para o gerenciamento de nutrientes no solo e na planta, em ambientes de fertilidade construída, carece de avaliações em longo prazo. Chuvas bem distribuídas durante a estação de cultivo favorecem o nivelamento das respostas aos tratamentos, ao passo que a ocorrência de déficit hídrico ou outros tipos de estresse costumam acentuar diferenças, evidenciando vantagens e desvantagens do que se está comparando. Resultados conclusivos dependem de acompanhamento da produtividade em pelo menos alguns cultivos sequenciais, além de avaliações mais detalhadas de alterações em atributos do solo, na absorção de nutrientes pelas plantas e nas suas respostas fisiológicas e bioquímicas.

Os dados da Figura 8 exemplificam episódios de baixa resposta a doses de fertilizantes na semeadura e cobertura, em safras consecutivas de soja/milho/soja, em Latossolo Vermelho-Amarelo argiloso, numa lavoura comercial sob plantio direto em Unaí, MG. As produtividades foram pouco influenciadas pelas adubações, notadamente nos cultivos de soja, salientando os consideráveis níveis de rendimento obtidos sem a aplicação de fertilizantes. De acordo com a análise econômica representada nas linhas indicando a produtividade líquida, em que foram descontados os gastos relativos à adubação, não houve retorno compensatório na maioria das vezes. O tamponamento do sistema pôde ser claramente comprovado no caso do P, em que, mesmo após a colheita das três safras, o teor de P-Mehlich 1 na análise de solo pouco oscilou no tratamento sem adubação (LACERDA et al., 2015).

Exemplos como o reportado indicam que, quando os níveis de produtividade estão estabilizados em patamares satisfatórios para o produtor, as adubações em solos de fertilidade construída serão mais efetivas se baseadas na filosofia de reposição (CQFS-RS/SC, 2004; FONTOURA et al., 2015), apenas restituindo o que for exportado nas colheitas. Adubações mais pesadas não surtirão efeito no rendimento das culturas, diminuirão a lucratividade e deixarão o sistema predisposto a perdas. Por outro lado, se o objetivo for alcançar metas mais elevadas de produtividade, o aporte de nutrientes precisará ser proporcionalmente maior que a exportação, pois a eficiência de uso pelas plantas diminui quando se buscam novos tetos de rendimento (FONTOURA et al., 2015; RESENDE et al., 2016). Nesse caso, para melhor balizar a tomada de decisão, torna-se importante o acompanhamento econômico dos resultados na lavoura.

De fato, é relativamente comum não haver retorno econômico da adubação em solos com disponibilidade de nutrientes alta ou muito alta, conforme comprovado em relação ao fornecimento de P (VIEIRA et al., 2015) e K (VIEIRA et al., 2016) em áreas de SPD de longa duração com rotação soja, milho, trigo e cevada no centro-sul do Paraná. Esses estudos constataram ainda que, em solos de fertilidade construída, há diferenças entre as culturas quanto à probabilidade de resposta produtiva e econômica à aplicação de fertilizantes. Os cereais de inverno mostraram-se mais exigentes e responsivos ao fornecimento de P e K, o que pode estar ligado à aquisição pelas plantas dificultada por condições de seca e baixas temperaturas que ocorrem durante essa estação de cultivo, afetando, inclusive, a difusão de nutrientes no solo. A cultura da soja foi a menos responsiva nesse sistema de rotação.

6. POSSIBILIDADE E CONVENIÊNCIA DE REVISÃO DOS NÍVEIS CRÍTICOS DE NUTRIENTES EM SISTEMAS DE ALTA PRODUTIVIDADE

Uma questão que emerge quando se discute o manejo visando produtividades mais elevadas é se os níveis críticos de

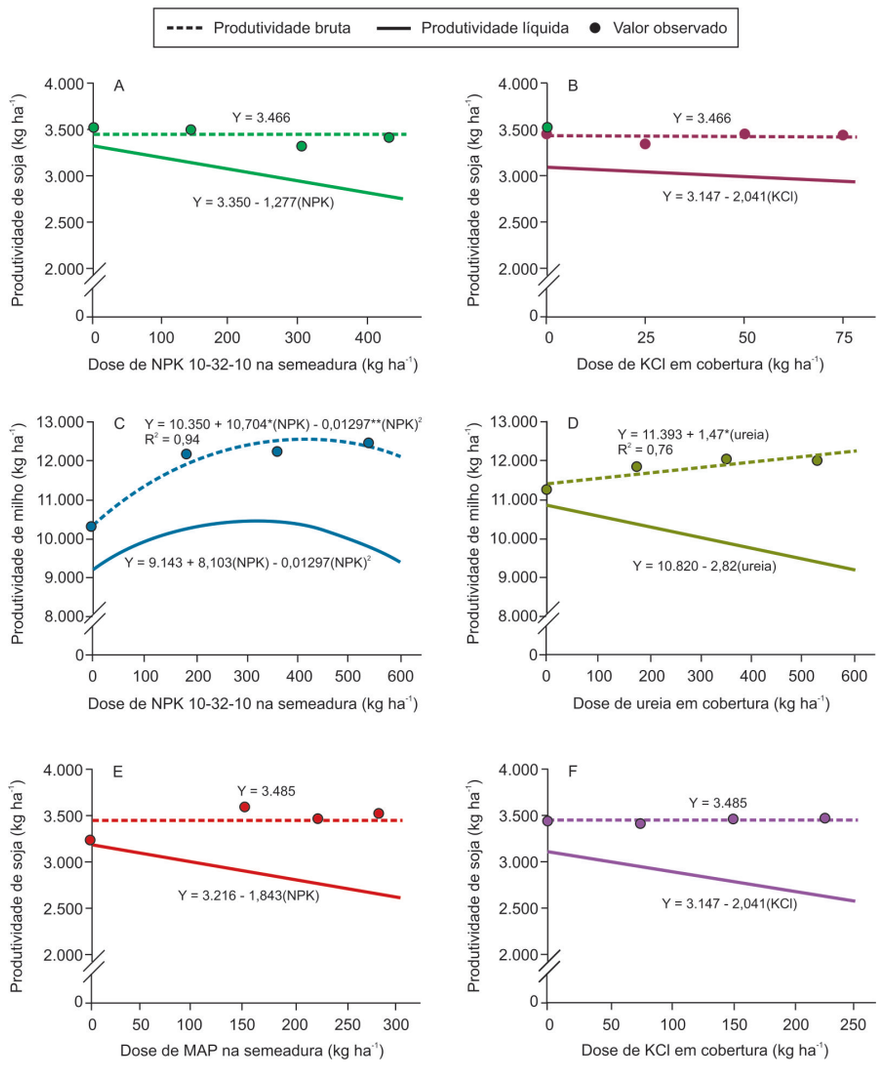

Figura 8. Produtividade bruta e produtividade líquida numa sequência soja/milho/soja em função das doses de fertilizantes utilizadas na semeadura (A, C e E) e na cobertura (B, D e F), em lavoura comercial num Latossolo de fertilidade construída no noroeste de Minas Gerais. Em cada adubação, a terceira dose equivaleu ao manejo adotado pelo produtor.

Fonte: Adaptada de Lacerda et al. (2015).

nutrientes no solo indicados na literatura clássica são válidos também para sistemas de alto desempenho produtivo. A rotação de culturas envolve espécies com requerimentos nutricionais distintos e a adubação do sistema deve atender àquelas mais exigentes. Além disso, a maioria das cultivares modernas foi selecionada para alto potencial de produção em ambientes sem limitações de fertilidade. Assim, é razoável supor que os níveis críticos definidos anteriormente pela pesquisa, numa lógica de agricultura diferente da atual (preparo convencional, monocultura, sementes menos produtivas), devam ser revistos para as novas configurações de sistemas de produção, especialmente nas áreas de cultivo de alta intensidade/produtividade.

Há indicativos da necessidade de se identificar novos padrões de fertilidade do solo a serem mantidos nas lavouras, para que a agricultura brasileira possa transpor os atuais níveis de produção e, assim, cumprir a expectativa de sua participação no atendimento à crescente demanda global por alimentos, sem depender majoritariamente da expansão de área cultivada. O caso da soja é emblemático, pois, apesar da sua produtividade potencial exceder 150 sc ha^{-1}, a média na maioria das propriedades dificilmente ultrapassa 60 sc ha^{-1}. Desde 2008, o Comitê Estratégico Soja Brasil (CESB) vem incentivando agricultores a desenvolverem um novo modelo de produção que permita atingir, em talhões comerciais, produtividade de 90 sc ha^{-1}.

O Desafio Nacional de Máxima Produtividade, uma ação realizada pelo CESB na forma de concurso, a cada ano tem apresentado aumento no número de áreas superando a meta de 90 sc ha^{-1}. Destacadamente, o incremento na adubação aparece entre as práticas de manejo associadas aos recordes alcançados, o que suscita questionamentos sobre a adequação das tabelas existentes para interpretação da análise de solo e recomendação de fertilizantes quando se almeja alta produtividade dessa cultura (MARTINS, 2016). Além da maior utilização de fertilizantes, as áreas campeãs no desafio CESB frequentemente apresentam níveis de saturação por bases (V%) acima dos normalmente considerados adequados nas tabelas de interpretação de análise de solo. Embora haja aumento nos custos de produção, a forte correlação entre produtividade e lucratividade (r = 0,99) nas áreas acompanhadas é um aspecto encorajador para agricultores e técnicos que buscam ganhos de rendimento em suas lavouras.

Estudos mais recentes revelam tendências de aumento nos níveis críticos de nutrientes como P e K, comparativamente aos valores de referência dos manuais de fertilidade do solo. Cubilla et al. (2007) determinaram teor crítico de P pouco maior que o anteriormente proposto, ao realizarem estudo de calibração do nutriente para adubação de culturas de grãos em Argissolos e Latossolos sob SPD no Paraguai. Schlindwein, Bortolon e Gianello (2011) encontraram níveis críticos de K em solos sob SPD no Rio Grande do Sul mais elevados do que os descritos na tabela de interpretação vigente para aquele estado e Santa Catarina (CQFS-RS/SC, 2004). Em Minas Gerais, Lacerda (2014) determinou níveis críticos de P e K a partir de dados experimentais de dois Latossolos argilosos de cerrado, cultivados com a sucessão soja-milho, obtendo valores superiores às indicações oficiais do estado (ALVAREZ V. et al., 1999). Os trabalhos de pesquisa nessa linha ainda são escassos e o ideal é que se dispusesse de mais resultados nas diversas regiões produtoras, para permitir redefinições mais consistentes possíveis.

No Paraná, a reavaliação dos níveis críticos em solos de basalto levou à atualização nas recomendações regionais para o sistema de sucessão soja/trigo-aveia-cevada-milho safrinha, em solos com mais de 40% de argila. Para teores de P e K na profundidade de 0 a 20 cm, acima de 9 e 120 mg dm^{-3}, respectivamente, é possível dispensar a adubação para a soja (EMBRAPA, 2008). Entretanto, considerando o sistema, é preciso lembrar que a cultura da soja é menos sensível ao fornecimento de nutrientes do que os cereais de inverno e o milho (WENDLING et al., 2008; SCHLINDWEIN, BORTOLON, GIANELLO, 2011; FONTOURA et al., 2015; LACERDA et al., 2015), razão pela qual não se deve abrir mão da adubação de manutenção para essas últimas.

O cultivo em solos com disponibilidade alta a muito alta de nutrientes é rotina para grande parte dos agricultores do centro-sul do Paraná, com produtividades médias das culturas de grãos em patamares bem superiores aos observados em outras áreas do País (FONTOURA et al., 2015). Por isso, os resultados de experimentação naquela região agregam informações que podem antecipar expectativas de respostas ao manejo da adubação em outras zonas agrícolas com solos de fertilidade construída. A partir de uma base experimental robusta, envolvendo SPD de longo prazo e diferentes locais, verificou-se que os níveis críticos de P (VIEIRA et al., 2015) e K (VIEIRA et al., 2016), para o sistema de culturas como um todo, foram ligeiramente superiores aos estabelecidos para solos argilosos no estado do Paraná, sendo os teores críticos mais elevados para o grupo de cereais de inverno, que mostraram-se mais exigentes/responsivos à fertilidade (Figura 9). Além disso, as doses indicadas para adubação de reposição em solos de alta ou muito alta disponibilidade foram maiores do que as recomendações pré-existentes, porque as produtividades-alvo aumentaram.

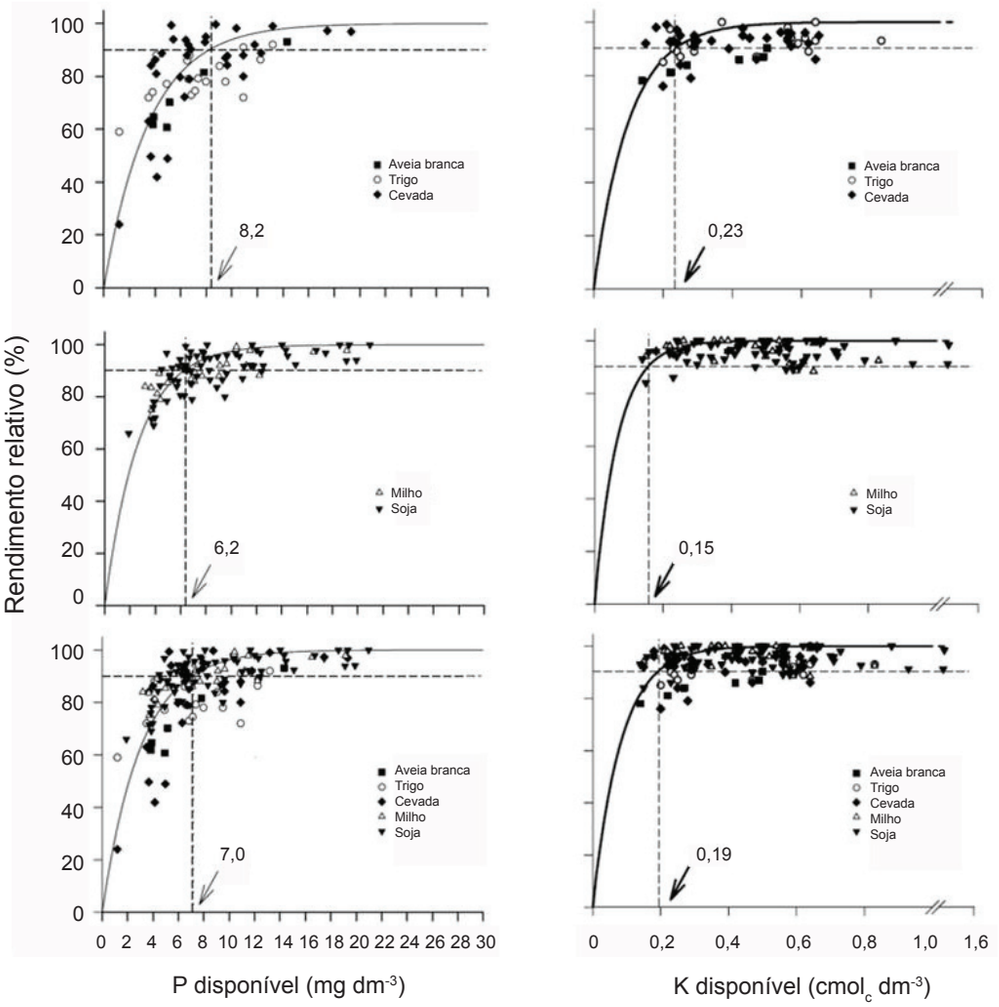

Figura 9. Níveis críticos de fósforo e potássio (Mehlich-1) no solo, na camada de 0 a 20 cm, considerando as culturas de inverno (trigo, cevada e aveia branca), as de verão (soja e milho), e todo o sistema de rotação, na região centro-sul do Paraná.

Fonte: Adaptada de Vieira et al. (2015, 2016).

Resultados como esses sugerem que as tabelas de interpretação de análise do solo e de recomendação de corretivos e fertilizantes tendem a ficar defasadas à medida que os sistemas de cultivo se intensificam e o potencial de produção aumenta, sendo oportuno aferir os níveis críticos de nutrientes em escala regionalizada. Embora a probabilidade de retorno econômico seja mais baixa nas classes de alta ou muito alta disponibilidade de nutrientes, o dimensionamento da adubação deve garantir o reabastecimento do sistema para continuidade da ciclagem ao longo das rotações, além de repor o exportado nas colheitas (FONTOURA et al., 2015).

Em cultivos de alta performance, a adequada nutrição de cada planta da lavoura é tão importante quanto a ausência de falhas de estande. Plantas deficientes ou com desequilíbrios nutricionais sofrem mais com estresses ou acabam dominadas, comprometendo a produção final. Nesse contexto, é relevante salientar que, diferentemente das parcelas experimentais, que são relativamente homogêneas, os solos de lavouras comerciais sempre apresentam variabilidade espacial da fertilidade. Nesse caso, mesmo que a amostragem seja bem representativa, quando a análise indicar disponibilidade de um nutriente igual ao seu teor crítico, trata-se de uma média, o que implica que há locais amostrados com disponibilidade abaixo, igual ou acima do nível crítico, refletindo a variabilidade espacial. Dito isso, a opção por trabalhar com valores de níveis críticos mais elevados é uma forma de mitigar o problema de micro-sítios de menor fertilidade, inerentes ao solo ou derivados das imperfeições de manejo, que prejudicam o desenvolvimento das plantas que ali se estabelecem e ocasionam indesejável desuniformidade no dossel.

7. BALANÇO/EQUILÍBRIO DE NUTRIENTES EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO COM FERTILIDADE CONSTRUÍDA

Os cultivos em solos de fertilidade construída não estão isentos de desequilíbrios nutricionais, e a manutenção do balanceamento entre nutrientes constitui um dos principais desafios de manejo, sobretudo em sistemas de produção mais intensivos. Cada espécie vegetal possui padrões peculiares de extração de nutrientes durante o ciclo e de exportação nas partes colhidas. Assim, culturas diversificadas e altas produtividades impõem variações de consumo das reservas do sistema, o que pode acarretar déficits ou sobras de determinados nutrientes. É preciso conhecer e acompanhar as flutuações dessas reservas, pelo confronto de entradas via adubação, saídas pela exportação e correspondentes impactos nos teores disponíveis na análise do solo, para então proceder aos devidos ajustes, restituindo ou utilizando os créditos de nutrientes ao longo do tempo (Figura 4).

O lançamento de cultivares cada vez mais produtivas faz crer que as práticas modais de adubação de lavouras de grãos em dife-

rentes regiões do Brasil sejam insuficientes para sustentar ganhos de produtividade. Sem critério que leve em conta as análises de solo e as estimativas de exportação, o agricultor, ao utilizar os mesmos fertilizantes em doses fixas por longo período, acaba aumentando o risco de desbalanço nos estoques de nutrientes do sistema. Isso faz com que áreas de fertilidade construída fiquem sujeitas a desequilíbrios de suprimento, mediante aplicações super ou subdimensionadas, dependendo do nutriente. Além de restringirem a expressão do potencial genético das cultivares modernas, esses desequilíbrios podem comprometer a rentabilidade das lavouras.

Simulações apontando o balanço deficitário de nutrientes na sucessão soja-milho safrinha foram apresentadas por Oliveira Junior et al. (2013) e Kappes e Zancanaro (2014), ao considerarem práticas de adubação com formulações e dosagens habituais entre produtores do Paraná e do Mato Grosso, respectivamente. A tendência geral é que essas culturas estejam recebendo quantidades insuficientes para repor o N e o K exportados nos grãos. O cenário é bem menos drástico no caso do P, cujo fornecimento costuma superar a exportação, o que explica a existência de muitas áreas com disponibilidade crescente desse nutriente nas análises de solo. Um ponto importante é que, se eventual desbalanço de nutrientes ocorrido num cultivo não for detectado, pode haver prejuízo das culturas subsequentes, comprometendo todo o sistema de produção. É o caso quando se deixa de adubar o milho safrinha e, diante de condições climáticas favoráveis, a colheita farta implica em grande exportação de nutrientes e consumo das reservas do solo, o que poderá afetar a produtividade da própria soja no verão seguinte.

O IPNI oferece acesso a um aplicativo informatizado (http://brasil.ipni.net/article/BRS-3293), com base de dados própria, que permite estimar o balanço de nutrientes na lavoura para uma cultura individual ou um sistema de produção. Essa ferramenta é bastante útil como passo inicial para melhor conhecer a efetividade das adubações empregadas num talhão, bastando que o usuário informe a cultura, a produtividade obtida e as quantidades de nutrientes que foram fornecidas. Automaticamente, o aplicativo retorna os valores do balanço de nutrientes e o índice de desfrute da adubação.

A conveniência de melhor ajuste no fornecimento de N, P e K em lavouras comerciais de alto investimento tecnológico foi demonstrada por Hickmann (2014) e Lacerda et al. (2015) em experimentos, respectivamente, nas regiões Campos das Vertentes e Noroeste de Minas Gerais. Variando quantidades a menos e a mais, em comparação à adubação de rotina das fazendas para as culturas de soja e milho, durantes três anos, esses trabalhos comprovaram que o manejo que vinha sendo utilizado pelos produtores não era o que proporcionava maior eficiência técnica e econômica (Tabela 4, Figura 8). Nos dois estudos de caso, foram evidenciadas oportunidades para adequação dos níveis de N, P e K nas adubações, promovendo ganhos de rentabilidade e uso mais eficiente de fertilizantes. Ao considerar o manejo para o sistema, Hickmann (2014) verificou que certo aumento de N e K e concomitante redução na quantidade de P proporcionaram vantagens em produtividade, receita e eficiência no uso desses nutrientes (Tabela 4). Ausência de resposta da soja e discreto incremento de produtividade para o milho (Figura 8) foram reportados por Lacerda et al. (2015), fazendo com que o diferencial de receita não fosse suficiente para

Tabela 4. Resposta cumulativa ao fornecimento de N, P e K, rentabilidade e eficiência de uso de nutrientes (EUN), na sequência milho/soja/milho em lavoura comercial cultivada em Latossolo de fertilidade construída na região dos Campos das Vertentes, MG.

Nutrientes aplicados			Produtividade acumulada	Lucro	EUN[1]			
N	P_2O_5	K_2O			N	P_2O_5	K_2O	Média
(kg ha^{-1})				(R$ ha^{-1})	(kg kg^{-1})			
0	0	0	17.496	3.670,60	-	-	-	-
129	0	117	21.249	4.410,96	29	-	32	31
258	0	234	25.239	5.517,44	30	-	33	32
387	0	351	24.822	4.742,80	19	-	21	20
56	189	43	19.798	3.998,17	41	12	54	36
185	189	160	23.451	4.969,17	32	32	37	34
314	189	277	26.628	5.599,49	29	48	33	37
443	**189**	**394**	**28.400**	**5.884,73**	**25**	**58**	**28**	**37**
102	330	71	22.548	4.471,87	50	15	71	45
231	330	188	24.471	4.668,59	30	21	37	29
360	**330**	**305**	**26.932**	**5.148,51**	**26**	**29**	**31**	**29**
489	330	422	28.733	5.394,35	23	34	27	28
150	493	106	22.165	3.767,69	31	9	44	28
279	493	223	26.130	4.796,85	31	18	39	29
408	493	340	27.824	5.042,05	25	21	30	25
537	493	457	29.569	5.185,93	22	24	26	24

[1] EUN = [(produtividade com o nutriente – produtividade sem o nutriente) / quantidade do nutriente aplicada].
O tratamento assinalado em branco foi o que apresentou maiores rentabilidade e eficiência média no uso de nutrientes em comparação ao manejo do produtor, correspondente ao tratamento assinalado em verde.
Fonte: Adaptada de Hickmann (2014).

compensar os custos da adubação nas condições daquela lavoura durante as três safras avaliadas.

Aprimoramentos no contexto dos exemplos citados são possíveis mediante algum investimento de tempo e recursos para monitoramento das condições de fertilidade do solo e do comportamento produtivo das culturas. Deve-se ponderar também as informações de aportes via fertilizantes e de exportação de nutrientes nas colheitas, para nortear a tomada de decisão sobre eventuais modificações na adubação (Figura 4). Obviamente, trata-se de avanços a serem buscados em âmbito local, uma vez que cada lavoura representa um ambiente de produção peculiar, com histórico e reações próprias quanto ao uso e manejo do solo.

É importante frisar que os solos arenosos são mais propensos a desarranjos nas proporções ideais entre nutrientes devido à sua menor capacidade de reserva e tamponamento, essencialmente dependentes do conteúdo de MOS. Mesmo com o SPD, é difícil manter a disponibilidade acima do nível crítico para todos os nutrientes nesses solos, tornando desafiador o planejamento para adubações equilibradas e com mínimas perdas. No caso, o parcelamento, com doses menores e mais frequentes, constitui a decisão mais acertada para nutrientes como N, K, S e B, que podem ser mais facilmente perdidos da zona de exploração radicular.

A análise dos teores de nutrientes nos produtos colhidos na propriedade é aconselhável para aqueles que buscam estratégias mais avançadas de gerenciamento da fertilidade, pois os dados de exportação indicados na literatura não são convergentes, variando em função de anos, locais e cultivares avaliados (Tabela 5 e Tabela 6). Mesmo quando atualizados, esses valores tabelados são apenas uma referência, que pode não atender aos requisitos para ajustes finos ou agricultura de precisão na adubação em solos de fertilidade construída.

8. SOLOS DE FERTILIDADE CONSTRUÍDA COMO AMBIENTE PROPÍCIO PARA A IMPLEMENTAÇÃO DA ADUBAÇÃO DE SISTEMA

A diversificação de cultivos para a intensificação do uso da terra é hoje uma necessidade, tanto do ponto de vista econômico, para reduzir riscos e ampliar a lucratividade dos empreendimentos agrícolas, quanto sob a ótica de sustentabilidade do agroecossistema, que é prejudicada quando há simplificação tendendo à monocultura (KAPPES, 2015). Geralmente, os sistemas mais diversificados trazem dúvidas sobre a melhor forma de manejo da fertilidade, se a adubação deve focar o requerimento individual ou global das espécies envolvidas, e ainda sobre os momentos mais apropriados para aplicação dos fertilizantes.

Na filosofia da adubação de sistema, busca-se planejar as operações para abastecer o solo de nutrientes de modo a satisfazer a absorção pelas plantas no decorrer de um ano agrícola ou de um ciclo de rotação, ao invés de adubar cada cultura com base nas demandas individuais. Devidamente implementada, essa abordagem permite conciliar facilidades operacionais e uso eficiente de fertilizantes.

Tabela 6. Extração e exportação de nutrientes por cultivar de soja com tipo de crescimento indeterminado, em equivalentes de N, P_2O_5 e K_2O.

Parte da planta	N	P_2O_5	K_2O
	- - - - - - - - - - -	(kg t^{-1} de grãos)	- - - - - - - - - - -
Grãos (exportação)	65,0 (51,0)*	13,3 (10,0)	24,0 (20,0)
Restos culturais	17,0 (32,0)	3,4 (5,4)	16,8 (18,0)
Total (extração)	82,0 (83,0)	16,7 (15,4)	40,8 (38,0)

* Dados entre parêntesis constituem os valores de referência anteriores para a cultura no Brasil (EMBRAPA, 2013).

Fonte: Adaptada de Oliveira Junior et al. (2014).

Solos de fertilidade construída, cultivados por longo tempo em modelos conservacionistas como o SPD, e sem limitações de ordem física, viabilizam a aplicação prática da adubação de sistema. O grande aporte de resíduos, associado à alta atividade biológica e bioquímica, garantem eficiente ciclagem e suprimento contínuo de nutrientes, em sincronia com a demanda das culturas. Desse modo, praticamente toda a adubação de reposição pode ser aplicada anualmente de uma única vez, antecedendo o estabelecimento da espécie mais exigente ou que apresente maior resposta (FONTOURA et al., 2015). Todavia, essa estratégia é ainda pouco explorada pelos agricultores brasileiros.

Os ambientes mais tamponados e com bons estoques de nutrientes possibilitam flexibilizar as práticas de fornecimento de acordo com as conveniências operacionais, sem grandes prejuízos às culturas. Para adubar o sistema, deve-se levar em conta as particularidades das combinações de espécies utilizadas em diferentes regiões ou mesmo propriedades, ponderando as exigências e os níveis de exportação de cada nutriente, para então estipular a melhor estratégia de manejo.

Se planejada com critério, a adubação de sistema permite usufruir o potencial produtivo de todo o conjunto de culturas que compõe a sucessão ou rotação, tirando vantagem das circunstâncias oportunas para melhor aproveitamento dos fertilizantes (Tabela 7). Sempre que possível, é conveniente direcionar a aplicação de fertilizantes para o cultivo daquelas espécies mais exigentes ou que apresentem maior retorno econômico ao fornecimento de nutrientes. Com as tecnologias atualmente disponíveis, também se pode acomodar a distribuição do adubo conforme as épocas mais propícias à circulação do maquinário, com menor conflito de programação com outras atividades, mormente nas janelas de semeadura, o que amplia o rendimento operacional nas fazendas.

Tabela 5. Valores de exportação de nutrientes pelo milho, em equivalentes de N, P_2O_5 e K_2O, de acordo com diferentes fontes de consulta.

Exportação			Observações	Referência
N	P_2O_5	K_2O		
- - - - - - - - -	(kg t^{-1} grãos)	- - - - - - - - -		
17,0 a 23,0	9,2 a 13,7	4,8 a 8,4	Faixas de valores levantados na literatura brasileira	Sousa e Lobato (2004)
15,0	5,5	8,4	Valores médios para o Brasil	Fancelli e Tsumanuma (2007)
–	6,2	3,8	Médias de 679 amostras de grãos analisadas na Embrapa Soja	Oliveira Junior et al. (2010)
15,7	7,1	4,4	Valores médios em trabalhos brasileiros publicados a partir de 1995	Resende et al. (2012)

Tabela 7. Indicações de adubação de sistema com P e K para combinações de culturas em rotação sob SPD em solos argilosos da região Centro-Sul do Paraná.

Classe de disponibilidade	Teor no solo*	Sequência de cultivos**							
		Trigo/Cevada	Espécie de cobertura	Soja	Milho	Trigo/Cevada	Espécie de cobertura	Soja	Milho
	P (mg dm^{-3})	P_2O_5 (kg ha^{-1})							
Alta	8 - 16	(RI + RS) + 20%	15	–	RM	(RI + RS) + 20%	15	–	RM
Muito alta	> 16	RI + RS	–	–	RM	RI + RS	–	–	RM
	K (mg dm^{-3})	K_2O (kg ha^{-1})							
Alta	90 - 180	RI + RS	–	–	RM	RI + RS	–	–	RM
Muito alta	> 180	RI + RS	–	–	RM	RI + RS	–	–	RM

* Teores de P e K determinados com o extrator Mehlich 1.
** Rotação soja ou milho no verão antecedidos, respectivamente, por trigo/cevada ou espécies de cobertura no inverno.
RI = reposição da exportação de nutrientes pelas culturas de inverno, equivalente a 10 kg P_2O_5 e 6 kg K_2O por tonelada de grãos de trigo/cevada. RS = reposição da exportação de nutrientes pela soja, equivalente a 14 kg P_2O_5 e 20 kg K_2O por tonelada de grãos. RM = reposição da exportação de nutrientes pelo milho, equivalente a 8 kg P_2O_5 e 6 kg K_2O por tonelada de grãos.
Fonte: Adaptada de Fontoura et al. (2015).

O exemplo de adubação de sistema apresentado na Tabela 7 foi ajustado para o esquema de rotação predominante no Centro-Sul do Paraná, em SPD de longa duração. Em solos com disponibilidade alta ou muito alta de P e K, recomenda-se que os fertilizantes sejam aplicados basicamente para repor as quantidades exportadas com as colheitas. Quando o cultivo de verão for soja, sugere-se que a demanda anual de adubação do sistema seja aplicada integralmente no cultivo de inverno com trigo ou cevada, visto que esses cereais são mais responsivos do que a leguminosa em solos de fertilidade construída. Quando o cultivo de verão for milho, mantém-se a aplicação da adubação de reposição nesta cultura, devido ao seu maior requerimento nutricional para altas produtividades (FONTOURA et al., 2015; VIEIRA et al., 2015, 2016).

Um ponto importante é conhecer bem as condições do talhão, por meio do monitoramento periódico da fertilidade no perfil, juntamente com as características fisiológicas de cada espécie vegetal envolvida. Esse conhecimento é que dará segurança na escolha do momento e modo de fornecimento dos nutrientes.

No caso de nutrientes como N e K, que podem ser perdidos com mais facilidade, as antecipações de aplicação das quantidades demandadas pelo sistema não são plausíveis para qualquer condição de solo, clima e cultura. Também não é prudente fixar e extrapolar recomendações em relação à distribuição de fertilizantes a lanço ou no sulco de semeadura. Principalmente em se tratando do P, alguma alternância entre essas modalidades é recomendável na adubação de sistema em solos argilosos, com o objetivo de manter ambientes de alto potencial produtivo em plantio direto, uma vez que produtividades mais elevadas estão associadas a maiores teores do nutriente em profundidade até 20 cm (OLIVEIRA JUNIOR; CASTRO, 2013; FONTOURA et al., 2015; ZANCANARO et al., 2015a). Outra possibilidade no gerenciamento do sistema é adubar no sulco daquelas culturas com menor espaçamento entre linhas, para diluir o efeito salino de fertilizantes próximos às sementes ou quando há interesse em incorporar nutrientes de forma mais homogênea na lavoura.

9. OPORTUNIDADES PARA OTIMIZAÇÃO DO MANEJO VISANDO MAIOR EFICIÊNCIA NO SISTEMA DE PRODUÇÃO E MAIOR RENTABILIDADE

O gerenciamento do fornecimento de nutrientes é um componente do processo de produção que pode impactar substancialmente a rentabilidade das lavouras, mas boa parte dos produtores e técnicos não tem uma dimensão mais exata de quanto seriam as dosagens de adubos mais apropriadas aos diferentes ambientes de cultivo ao longo do tempo. Duas situações ainda são comuns nas regiões agrícolas do País: a primeira diz respeito àqueles que acham que simplesmente aumentar as doses dos fertilizantes que se está acostumado a usar é garantia de colheitas crescentes, enquanto a segunda refere-se aos que se acomodaram e usam sempre a mesma adubação, apesar de investirem em sementes e tratos culturais mais modernos, que geram novos patamares de produtividade. As adubações realizadas sem o acompanhamento da fertilidade do solo por meio de análises periódicas acabam por diminuir a lucratividade das lavouras, em razão do consumo inadequado de fertilizantes (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2010). Assim, para muitos, parece não ser claro o papel de uma adubação mais eficiente para a competitividade no setor agrícola.

Talhões com elevados teores de nutrientes representam uma reserva que pode ser manipulada em prol de melhores ajustes técnicos e econômicos, com benefícios que conciliam maior receita líquida, uso mais eficiente de fertilizantes e redução de riscos ao ambiente. O solo de fertilidade construída constitui uma poupança que precisa ser gerenciada, recebendo aplicações e retiradas, na forma e momentos mais convenientes ao sistema de produção e ao agricultor. Há situações em que é possível estabelecer uma estratégia variável na aquisição de fertilizantes, utilizando-se das reservas do solo nos momentos de alta de custo dos adubos ou baixo preço de venda dos grãos e recompondo-as quando as cotações forem mais favoráveis. Lavouras com fertilidade construída, em solos de textura média a argilosa sob SPD, podem, durante algum tempo, manter os mesmos patamares de produtividade e maior retorno econômico utilizando menores quantidades de fertilizantes do que seria a adubação habitual (Figura 8).

Uma constatação comum é a proporção entre nutrientes na adubação não ser condizente com a relação ótima para o atendimento da demanda do sistema de culturas, o que pode limitar a produtividade levando à perda de rentabilidade (Tabela 4). Há casos em que o ajuste na aplicação de um único nutriente pode aumentar o retorno do investimento em outras tecnologias (sementes, defensivos, máquinas, irrigação). Entre os macronutrientes primários, a

tendência é que N e K sejam proporcionalmente mais demandados na adubação do que o P, à medida que aumenta a produtividade do sistema. Daí a conveniência de ajustar o fornecimento de cada nutriente de forma individualizada, o que não é possível quando se trabalha apenas com fórmulas pré-definidas.

É oportuno promover redimensionamentos dinâmicos no tempo, a partir de monitoramento mais frequente por meio de análises de solo, do acompanhamento do histórico de produtividade e da estimativa das taxas de exportação dos diversos nutrientes (Figura 4). Essa estratégia, relativamente simples e que pode ser incorporada à rotina das fazendas, é decisiva na busca de eficiência de gestão para maior competitividade. A Figura 10 sintetiza as principais vias de informação e critérios a considerar, aditivamente, quando se busca ajustes mais refinados no manejo da adubação. Todos os itens devem ser tratados pelo profissional de assistência técnica ou tomador de decisão à luz das características peculiares aos solos de fertilidade construída discutidas no presente artigo, levando em conta que alguns dos critérios são dependentes do manejo precedente e do histórico de culturas e, portanto, podem ser definidos de forma particularizada por talhão.

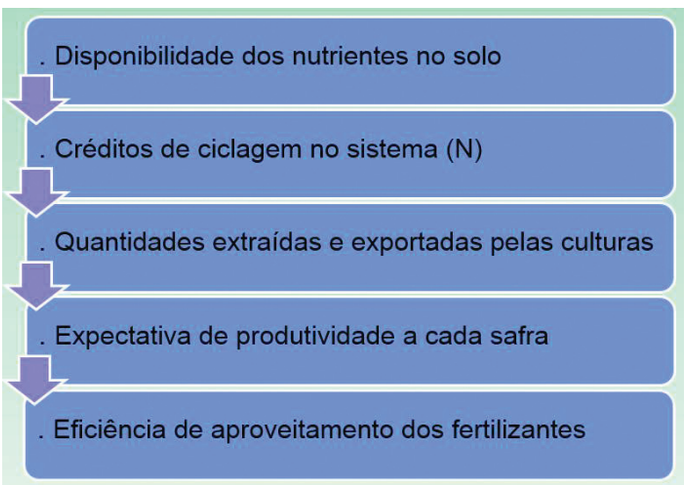

Figura 10. Informações necessárias para se refinar o dimensionamento da adubação em solos de fertilidade construída.
Crédito: Álvaro Resende.

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os solos de fertilidade construída correspondem ao cenário emergente nas áreas agrícolas bem manejadas e trazem novos quesitos a serem considerados na busca por ganhos de eficiência na adubação. Modificações nos estoques e na dinâmica de nutrientes nesses solos interferem na resposta das culturas à sua aplicação e surgem oportunidades para novas estratégias de gerenciamento da fertilidade, focadas em otimização do uso de fertilizantes e da rentabilidade para o agricultor. Os seguintes aspectos devem ser enfatizados:

• Os indicadores diretos da condição de fertilidade construída dizem respeito à detecção de teores dos principais nutrientes acima dos níveis críticos na análise do solo, enquadrados nas classes de disponibilidade alta a muito alta.

• O controle da acidez, as adubações corretivas e de manutenção, associadas a práticas que privilegiem a presença de matéria orgânica são necessárias à construção da fertilidade. Entretanto, a manutenção de ambientes de alto potencial produtivo depende também de cuidados para que se tenham condições físicas e biológicas do solo favoráveis ao desempenho ótimo das culturas.

• A intensificação ecológica com inclusão de mais espécies em rotação, sucessão ou consórcio, atrelada ao plantio direto, são requisitos para assegurar o tamponamento da fertilidade do solo após as adequações químicas e aumentar a resiliência do sistema, resultando em maior estabilidade de produção frente a situações de estresses. Manter ou, preferencialmente, aumentar o conteúdo de matéria orgânica deve ser o objetivo central, pois esse constituinte influencia numerosos processos no solo, com papel fundamental na qualidade química, física e biológica.

• Alcançada a conjuntura acima, os solos de fertilidade construída passam a expressar as condições para obtenção de elevadas taxas de aproveitamento dos nutrientes, com índices de eficiência de uso de fertilizantes superiores aos convencionados na literatura clássica.

• O aperfeiçoamento do manejo de solos de fertilidade construída requer certo investimento na obtenção de informações sobre o comportamento de cada ambiente de produção (Figura 10). A resposta das culturas à adubação nesses solos é menos expressiva do que a observada em áreas recém-abertas para a agricultura, muitas vezes sem ganhos perceptíveis em curto prazo. Nesses casos, doses relativamente modestas de fertilizantes, apenas para repor as quantidades de nutrientes exportadas nas colheitas, são suficientes para manter os níveis normais de produtividade.

• Quando se busca atingir novos tetos produtivos em solos de fertilidade construída, explorando o potencial genético de cultivares modernas, é preciso proceder a ajustes no dimensionamento das adubações, compatibilizando com as exigências nutricionais para altas produtividades. Estudos recentes sugerem a necessidade de confirmação e eventual elevação dos níveis críticos de nutrientes em tabelas de referência regionalizadas, para interpretação de análise do solo de ambientes favoráveis a lavouras de alto rendimento, visando aprimoramentos no diagnóstico e na tomada de decisão de manejo da adubação.

• Os solos de fertilidade construída em SPD constituem ambientes ideais para o exercício da adubação de sistema, nos quais se pode trabalhar com mais flexibilidade para acomodar a aplicação de fertilizantes conforme conveniências operacionais e de exploração do potencial produtivo das culturas envolvidas.

• O equilíbrio nutricional é um ponto crítico no manejo desses solos, pois há constante flutuação dos estoques de nutrientes no sistema, de acordo com as entradas via adubação e saídas via exportação nas colheitas. Dependendo do nutriente, do tipo de solo, da exigência decorrente da combinação de culturas e das produtividades obtidas, podem ocorrer desbalanços que prejudicam o desempenho final do sistema. Tem sido comum constatar sobras de determinados nutrientes e déficits de outros no sistema, resultantes do padrão de adubação praticado em diferentes regiões agrícolas. O cálculo do balanço dos principais nutrientes no sistema de produção é simples e, ao evidenciar alternativas para melhor equilíbrio na adubação, pode propiciar impactos positivos em relação ao aproveitamento de recursos (água), eficiência de uso de fertilizantes, produtividade e lucratividade ao produtor, além de menores riscos ao ambiente.

AGRADECIMENTOS: À Fapemig, ao CNPq e à Fundação Agrisus.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ V., V. H.; NOVAES, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**: 5a. aproximação. Viçosa: CFSEMG, 1999. p. 25-32.

ANDRADE, R. S.; STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Plantas de cobertura e qualidade física do solo. In: SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F. (Ed.). **Plantas de cobertura dos solos do Cerrado**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p. 163-180, 2010.

BABUJIA, L. C.; HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C.; BROOKES, P. C. Microbial biomass and activity at various soil depths in a Brazilian oxisol after two decades of no-tillage and conventional tillage. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 42, p. 2174-2181, 2010.

BENITES, V. M.; CARVALHO, M. C. S.; RESENDE, A. V.; POLIDORO, J. C.; BERNARDI, A. C. C.; OLIVEIRA, F. A. Potássio, cálcio e magnésio. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (Org.). **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes: Nutrientes**. 1.ed. Piracicaba: IPNI Brasil, 2010, v. 2. p. 133-204.

BODDEY, R. M.; JANTALIA, C. P.; CONCEIÇÃO, P. C.; ZANATTA, J. A.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; DIECKOW, J.; SANTOS, H. P.; DENARDIN, J. E.; AITA, C.; GIACOMINI, S. J.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. Carbon accumulation at depth in Ferralsols under zero-till subtropical agriculture. **Global Change Biology**, v. 16, p. 784-795, 2010.

BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C.; MATEUS, G. P.; NASCENTE, A. S.; MARTINS, P. O. Intercropping time of corn and palisadegrass or guineagrass affecting grain yield and forage production. **Crop Science**, v. 53, p. 629-636, 2013.

BORTOLON, L.; BORTOLON, E. S. O.; CAMARGO, F. P.; BORGHI, E. Obtenção de altas produtividades em sistemas agrícolas. **Fronteira Agrícola**, n. 12, p. 1-3, 2016.

BRIEDIS, C.; SÁ, J. C. M.; LAL, R.; TIVET, F.; FERREIRA, A. O.; FRANCHINI, J. C.; SCHIMIGUEL, R.; HARTMAN, D. C.; SANTOS, J. Z. Can highly weathered soils under conservation agriculture be C saturated? **Catena**, v. 147, p. 638-649, 2016.

CAIRES, E. F. Correção da acidez do solo em sistema plantio direto. **Informações Agronômicas**, n. 141, p. 1-13, 2013.

CAIRES, E. F.; FELDHAUS, I. C.; BLUM, J. Crescimento radicular e nutrição da cevada em função da calagem e aplicação de gesso. **Bragantia**, v. 60, n. 3, p. 213-223, 2001.

CALONEGO, J. C.; BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C. Intervalo hídrico ótimo e compactação do solo com cultivo consorciado de milho e braquiária. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 2183-2190, 2011.

CANELLAS, L. P.; MENDONÇA, E. S.; DOBBSS, L. B.; BALDOTTO, M. A.; VELLOSO, A. C. X.; SANTOS, G. A.; AMARAL, N. M. B. Reações da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P., CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo**: ecossistemas tropicais e subtropicais. 2 ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 45-63.

CANTARUTTI, R. B.; BARROS, N. F.; MARTINEZ, H. E. P.; NOVAIS, R. F. Avaliação da fertilidade do solo e recomendação de fertilizantes. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p. 769-850.

CQFS-RS/SC. COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre: SBCS: NRS/UFRGS, 2004. 400 p.

CORBEELS, M.; MARCHÃO, R. L.; NETO, M. S.; FERREIRA, E. G.; MADARI, B. E.; SCOPEL, E.; BRITO, O. R. Evidence of limited carbon sequestration in soils under no-tillage systems in the Cerrado of Brazil. **Scientific Reports**, v. 6, n. 21450, 2016. 8 p.

COSTA, S. E. V. G.; SOUZA, E. D. D.; ANGHINONI, I.; FLORES, J. P. C.; CAO, E. G.; HOLZSCHUH, M. J. Phosphorus and root distribution and corn growth as related to long-term tillage systems and fertilizer placement. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 1237-1247, 2009.

CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P. Sistemas de produção e eficiência agronômica de fertilizantes. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (Ed.) **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes**: Contexto atual e práticas de suporte. Piracicaba: IPNI Brasil, 2010. v. 1, p. 228-275.

CRUSCIOL, C. A. C.; NASCENTE, A. S.; BORGHI, E.; SORATTO, R. P.; MARTINS, P. O. Improving soil fertility and crop yield in a tropical region with palisadegrass cover crops. **Agronomy Journal**, v. 107, n. 6, p. 2271-2280, 2015.

CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; BORGHI, E.; MATEUS, G. P. Benefits of integrating crops and tropical pastures as systems of production. **Better Crops**, v. 94, n. 2, p. 14-16, 2010.

CUBILLA, M. M.; AMADO, T. J. C.; WENDLING, A.; ELTZ, F. L. F; MIELNICZUK, J. Calibração visando à fertilização com fósforo para as principais culturas de grãos sob sistema plantio direto no Paraguai. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 6, p. 1463-1474, 2007.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja**: Região central do Brasil 2009 e 2010. Londrina: Embrapa Soja, 2008. 261 p. (Embrapa Soja. Sistema de Produção, 13).

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja**: Região central do Brasil 2014. Londrina: Embrapa Soja, 2013. 265 p. (Embrapa Soja. Sistema de Produção,16).

FANCELLI, A. L.; TSUMANUMA, G. M. Nitrogênio e enxofre nas culturas de milho e feijão. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S.; VITTI, G. C. (Ed.). **Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira**. Piracicaba: IPNI Brasil, 2007. p. 445-486.

FONTOURA, S. M. V.; VIEIRA, R. C. B.; BAYER, C.; ERNANI, P. R.; MORAES, R. P. Eficiência técnica de fertilizantes fosfatados em Latossolo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 6, p. 1907-1914, 2010.

FONTOURA, S. M. V.; VIEIRA, R. C. B.; BAYER, C.; VIERO, F.; ANGHINONI, I.; MORAES, R. P. **Fertilidade do solo e seu manejo em plantio direto no Centro-Sul do Paraná**. Guarapuava: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, 2015. 146 p.

GATIBONI, L. C.; SAGGIN, A.; BRUNETTO, G.; HORN, D.; FLORES, J. P. C.; RHEINHEIMER, D. S.; KAMINSKI, J. Alterações nos atributos químicos de solo arenoso pela calagem superficial no sistema plantio direto consolidado. **Ciência Rural**, v. 33, p. 283-290, 2003.

GIANELLO, C.; WIETHÖLTER, S. Novo sistema de adubação para as culturas de grãos nos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 5., 2004, Florianópolis. **Resumos expandidos...** Florianópolis: SBCS-NRS, 2004. (CD-Rom).

HICKMANN, C. **Dinâmica de nitrogênio e ajustes na adubação NPK para uma sequência milho-soja-milho na região dos Campos das Vertentes, Minas Gerais**. 2014. 159 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C.; BRANDÃO-JUNIOR, O.; KASCHUK, G.; SOUZA, R. A. Soil microbial activity and crop sustainability in a long-term experiment with three soil-tillage and two crop-rotation systems. **Applied Soil Ecology**, v. 42, p. 288-296, 2009.

INAGAKI, T. M.; SÁ, J. C. M.; CAIRES, E. F.; GONÇALVES, D. R.P . Lime and gypsum application increases biological activity, carbon pools, and agronomic productivity in highly weathered soil. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 231, p. 156-165, 2016.

KAPPES, C. Inserção do milho safrinha em sistemas de produção no Mato Grosso. In: Fundação Mato Grosso (Ed.). **Boletim de Pesquisa 2015/2016**. Santa Cruz do Sul, RS: Editora Gazeta, 2015. p. 136-173.

KAPPES, C.; ZANCANARO, L. Manejo da fertilidade do solo em sistemas de produção no Mato Grosso. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 30., 2014, Salvador. Eficiência nas cadeias produtivas e o abastecimento global. **Palestras...** Sete Lagoas: ABMS, 2014. p. 358-381.

LACERDA, J. J. J. **Aferição da adubação NPK e de níveis críticos para o sistema soja-milho de fertilidade construída**. 2014. 112 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

LACERDA, J. J. J.; RESENDE, A. V.; FURTINI NETO, A. E.; HICKMANN, C.; CONCEIÇÃO, O. P. Adubação, produtividade e rentabilidade da rotação entre soja e milho em solo com fertilidade construída. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 9, p. 769-778, 2015.

LANGE, A.; LARA CABEZAS, W. A. R.; TRIVELIN, P. C. O. Recuperação do nitrogênio das fontes sulfato e nitrato de amônio pelo milho em sistema semeadura direta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 1, p. 123-130, 2008.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. A career perspective on soil management in the Cerrado Region of Brazil. Advances in Agronomy, v.137, p.1-72. 2016.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; RAMOS, S. J. The saga of the agricultural development of the brazilian Cerrado. **Electronic International Fertilizer Correspondent**, n. 32, p. 29-57, 2012.

LOPES, A. A. C.; SOUSA, D. M. G.; CHAER, G. M.; REIS JUNIOR, F. B.; GOEDERT, W. J.; MENDES, I. C. Interpretation of microbial soil indicators as a function of crop yield and organic carbon. **Soil Science Society of America Journal**, v. 77, p. 461-472, 2013.

MARTINS, O. C. Aumentar o patamar de produtividade na cultura da soja: o desafio do CESB. In: MOREIRA, F. M. S.; KASUYA, M. C. M. (Ed.). **Fertilidade e biologia do solo**: integração e tecnologia para todos. Lavras: SBCS, 2016. p. 525-540.

MORAES, M. T.; DEBIASI, H.; CARLESSO, R.; FRANCHINI, J. C.; SILVA, V. R.; LUZ, F. B. Soil physical quality on tillage and cropping systems after two decades in the subtropical region of Brazil. **Soil & Tillage Research**, v. 155, p. 351-362, 2016.

NUNES, R. S.; SOUSA, D. M. G.; GOEDERT, W. J.; VIVALDI, L. J. Distribuição de fósforo no solo em razão do sistema de cultivo e manejo da adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 877-888, 2011.

OLIVEIRA JUNIOR, A.; CASTRO, C. Manejo da adubação fosfatada em solos de Cerrado: Qual é o custo agronômico da operacionalidade da aplicação a lanço? In: WORKSHOP CTC AGRICULTURA, 12., 2013, Rio Verde. **Resultados 2013...** Rio Verde: Centro Tecnológico COMIGO, 2013. p. 21-26.

OLIVEIRA JUNIOR, A.; CASTRO, C.; KLEPKER, D.; OLIVEIRA, F. A. Soja. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (Ed.) **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes**: Culturas. Piracicaba: IPNI, 2010. v. 3, p. 1-38.

OLIVEIRA JUNIOR, A.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F.A.; FOLONI, J. S.S . Marcha de absorção e acúmulo de macronutrientes em soja com tipo de crescimento indeterminado. In: OLIVEIRA JUNIOR, A.; LEITE, M. R.V. B. C.; CASTRO, C. (Ed.). REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA, 34., 2014. **Resumos expandidos...** Londrina: Embrapa, 2014. p.133-136.

OLIVEIRA JUNIOR, A.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F. A.; JORDÃO, L. T. Adubação potássica da soja: cuidados no balanço de nutrientes. **Informações Agronômicas**, n. 143, p. 1-10, 2013.

PAULETTI, V. **Rendimento de soja, milho e feijão com estratégias de aplicação de adubo mineral, no sistema plantio direto**. 2006. 79 p. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

PEREIRA, F. C. B. L.; MELLO, L. M. M.; PARIZ, C. M; MENDONÇA, V. Z.; YANO, E. H.; MIRANDA, E. E. V.; CRUSCIOL, C. A. C. Autumn maize intercropped with tropical forages: crop residues, nutrient cycling, subsequent soybean and soil quality. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 40:e0150003, 2016. 20 p.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: IPNI, 2011. 420 p.

RAIJ, B. van. **Gesso agrícola na melhoria do ambiente radicular no subsolo**. São Paulo: ANDA, 1988. 88 p.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M.C . (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1996. 285 p.

RESENDE, A. V. **O sistema plantio direto proporciona maior eficiência no uso de fertilizantes**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. 23 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 118).

RESENDE, A. V. Reflexões sobre adubação fosfatada a taxa variável. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 20, p. 15-18, 2011.

RESENDE, A. V.; COELHO, A. M. C.; SANTOS, F. C.; LACERDA, J. J. J. **Fertilidade do solo e manejo da adubação NPK para alta produtividade de milho no Brasil Central**. Sete Lagoas: Embrapa, 2012. 12p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 181).

RESENDE, A. V.; FURTINI NETO, A. E.; ALVES, V. M. C.; MUNIZ, J. A.; CURI, N.; FAQUIN, V.; KIMPARA, D. I.; SANTOS, J. Z. L.; CARNEIRO, L. F. Fontes e modos de aplicação de fósforo para o milho em solo cultivado da região do Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 453-466, 2006.

RESENDE, A. V.; LACERDA, J. J. J.; HICKMAN, C.; WILDA, L. R. M.; FURTINI NETO, A. E.; SILVA, C. A.; MOREIRA, S. G. Repensando a adubação NPK em sistemas de alta produtividade de grãos. In: MOREIRA F. M. S.; KASUYA, M. C. M. (Ed.). **Fertilidade e biologia do solo**: integração e tecnologia para todos. Lavras: SBCS, 2016. p. 541-558.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**: 5ª aproximação. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. 359 p.

SÁ, J. C. M. Adubação fosfatada no sistema plantio direto. In: YAMADA, T.; ABDALA, S. R. S. (Ed.). **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Potafos, 2004. p. 201-222.

SÁ, J. C. M.; CERRI, C. C.; LAL, R.; DICK, W. A.; PICCOLO, M. C.; FEIGL, B. E. Soil organic carbon and fertility interactions affected by a tillage chronosequence in a Brazilian Oxisol. **Soil & Tillage Research**, v. 104, p. 56-64, 2009.

SÁ, J. C. M.; SÁ, M. F. M.; SANTOS, J. B.; OLIVEIRA, A. Dinâmica da matéria orgânica nos Campos Gerais. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 443-461.

SÁ, J. C. M.; SEGUY, L.; SÁ, M. F. M.; FERREIRA, A. O.; BRIEDIS, C.; SANTOS, J. B.; CANALLI, L. Gestão da matéria orgânica e da fertilidade do solo visando sistemas sustentáveis de produção. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (Ed.). **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes**: Culturas. 1. ed. Piracicaba: IPNI, 2010, v. 1, p. 383-420.

SÁ, J. C. M.; SÉGUY, L.; TIVET, F.; LAL, R.; BOUZINAC, S.; BORSZOWSKEI, P.R.; BRIEDIS, C.; SANTOS, J. B.; HARTMAN, D. C.; BERTOLONI, C. G.; ROSA, J.; FRIEDRICH, T. Carbon depletion by plowing and its restoration by no-till cropping systems in Oxisols of subtropical and tropical agro-ecoregions in Brazil. **Land Degradation & Development**, v. 26, p. 531-543, 2015.

SCHLINDWEIN, J. A.; BORTOLON, L.; GIANELLO, C. Calibração de métodos de extração de potássio em solos cultivados sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 5, p. 1669-1677, 2011.

SILVA, J. E.; LEMAINSKI, J.; RESCK, D. V. S. Perdas de matéria orgânica e suas relações com a capacidade de troca catiônica em solos da região de cerrados do Oeste Baiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 18, p. 541-547, 1994.

SILVA, A. P.; BABUJIA, L. C.; FRANCHINI, J. C.; SOUZA, R. A.; HUNGRIA, M. Microbial biomass under various soil- and crop-management systems in short and long-term experiments in Brazil. **Field Crops Research**, v. 119, p. 20-26, 2010.

SILVA, E. C.; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; VELOSO, M. E. C.; TRIVELIN, P. C. O. Absorção de nitrogênio nativo do solo pelo milho sob plantio direto em sucessão a plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, p.723-732, 2006.

SILVA, A. P.; BABUJIA, L. C.; FRANCHINI, J. C.; RALISCH, R.; HUNGRIA, M.; GUIMARÃES, M. F. Soil structure and its influence on microbial biomass in different soil and crop management systems. **Soil & Tillage Research**, v. 142, p. 42-53, 2014.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado**: correção do solo e adubação. 2.ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416 p.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E.; REIN, T. A. **Uso do gesso agrícola nos solos do Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005. 19 p.

SOUSA, D. M. G.; REIN, T. A.; SANTOS JUNIOR, J. D. G.; NUNES, R. S. **Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto no cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2013. 20 p. Disponível em: <http://www.agrisus.org.br/arquivos/artigo_embrapa_cerrados.pdf>. Acesso em 20 nov. 2016.

URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R.; JANTALIA, C. P.; MARTINS, M. R.; BODDEY, R. M. A cultura de milho e seu impacto nas emissões de GEE no Brasil. In: KARAM, D.; MAGALHÃES, P. C. (Ed.). CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 30., Salvador, 2014. Eficiência nas cadeias produtivas e o abastecimento global. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2014. p. 61-71.

VEZZANI, F. M.; CONCEIÇÃO, P. C.; MELLO, N. A.; DIECKOW, J. Matéria orgânica e qualidade do solo. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F.A.O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo**: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 483-493.

VIEIRA, R. C. B.; FONTOURA, S. M. V.; BAYER, C.; MORAES, R. P.; CARNIEL, E. Adubação fosfatada para alta produtividade de soja, milho e cereais de inverno cultivados em rotação em Latossolos em plantio direto no Centro-Sul do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 794-808, 2015.

VIEIRA, R. C. B.; FONTOURA, S. M. V.; BAYER, C.; MORAES, R. P.; CARNIEL, E. Potassium fertilization for long term no-till crop rotation in the Central-Southern region of Paraná, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 40, e0150193, 16 p., 2016.

WENDLING, A.; ELTZ, F. L. F.; CUBILLA, M. M.; AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J. Recomendação de adubação potássica para trigo, milho e soja sob sistema plantio direto no Paraguai. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 5, p. 1929-1939, 2008.

WILDA, L. R. M.; RESENDE, A. V.; CUNHA, T. F.; LACERDA, J. J. J.; LIMA, G. J. O. Condições de acidez subsuperficial de solos cultivados para a produção de grãos no Cerrado do Brasil Central. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 30., 2012, Maceió. FertBio 2012: A responsabilidade socioambiental da pesquisa agrícola. **Anais...** Maceió: SBCS/UFAL. 2012. 4 p. (CD-Rom).

ZANCANARO, L.; KAPPES, C.; VALENDORFF, J. D. P; CORADINI, D.; DAVID, M. A. Manejo do solo: adubação e nutrição na cultura da soja. In: FUNDAÇÃO MATO GROSSO (Ed.). **Boletim de Pesquisa 2015/2016**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 2015b. p. 54-95.

ZANCANARO, L.; KAPPES, C.; ONO, F. B.; VALENDORFF, J. D. P; CORADINI, D.; DAVID, M. A.; SEMLER, T. D. Adubação fosfatada no sulco de semeadura e em superfície. In: FUNDAÇÃO MATO GROSSO (Ed.). **Boletim de Pesquisa 2015/2016**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 2015a. p. 96-113.

ZOTARELLI, L.; ZATORREA, N. P.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S. S.; JANTALIA, C. P.; FRANCHINI, J. C.; ALVES, B. J. R. Influence of no-tillage and frequency of a green manure legume in crop rotations for balancing N outputs and preserving soil organic C stocks. **Field Crops Research**, v. 132, p. 185-195, 2012.

SIMPÓSIO DO IPNI DISCUTE AS BOAS PRÁTICAS PARA USO EFICIENTE DE FERTILIZANTES EM CAFÉ

Silvia Regina Stipp[1]
Valter Casarin[2]

O IPNI Brasil, no cumprimento da sua missão de propagar informações científicas sobre o manejo responsável dos nutrientes, vem desenvolvendo um amplo programa de divulgação das Boas Práticas para Uso Eficiente de Fertilizantes por meio de eventos, que são realizados anualmente em várias regiões produtoras do país, nas quais a agricultura apresenta grande importância.

A série de Simpósios do IPNI sobre Boas Práticas para Uso Eficiente de Fertilizantes, iniciada em 2009, em Piracicaba, SP, alcançou sua 14ª edição com a realização, em Poços de Caldas, MG, do Simpósio Sobre Boas Práticas para Uso de Fertilizantes em Café.

O objetivo do Simpósio foi apresentar as técnicas de manejo adequado e eficiente dos nutrientes com o intuito de capacitar os produtores no uso correto dos insumos agrícolas para obter o máximo retorno econômico da cultura do café.

Durante os dois dias de atividades foram abordados os seguintes temas: manejo nutricional no programa de podas; manejo da calagem e gessagem; manejo da fertilidade do solo em café de montanha; agricultura de precisão; fertilizantes organo-minerais; novas fontes de fertilizantes; fertirrigação e nutrição com magnésio. A seguir estão resumidas as principais mensagens transmitidas pelos palestrantes. As palestras, em formato Power Point, encontram-se disponíveis no site do IPNI no endereço: http://brasil.ipni.net/article/BRS-3425.

Palestra: BOAS PRÁTICAS PARA USO EFICIENTE DE FERTILIZANTES NA CULTURA DO CAFÉ

Dr. Valter Casarin, Diretor Adjunto do IPNI Brasil, Piracicaba, SP

O Brasil é uma das maiores potências agrícolas mundiais, destacando-se como terceiro maior exportador mundial de grãos. O café ocupa o primeiro lugar no *ranking* de produção e exportação mundial, junto a outros produtos tradicionais, como soja, açúcar e suco de laranja. Atualmente, apenas os Estados Unidos e a União Europeia vendem mais alimentos no planeta que os agricultores e pecuaristas brasileiros.

Uma série de fatores garantiram esse avanço da agricultura brasileira nos últimos anos, dentre os quais o crescimento da produtividade das lavouras, proporcionado pelo aumento do consumo de fertilizantes.

O aumento do consumo de fertilizantes deve sempre estar associado às boas práticas para uso eficiente de fertilizantes, baseadas no manejo 4C de nutrição de plantas: aplicação da fonte certa, na dose certa, na época certa e no local certo.

A cada quatro anos o IPNI realiza o balanço de nutrientes para avaliar o desempenho da adubação das culturas no Brasil. O cálculo é efetuado a partir de dados estatísticos das 18 principais culturas cultivadas, as quais são responsáveis por aproximadamente 92% do consumo de fertilizantes no país.

A escolha da cultura de café como tema desse Simpósio teve uma justificativa importante: dados do balanço de nutrientes realizado pelo IPNI em 2012 mostraram que o cafeeiro, entre as principais culturas brasileiras, apresenta o menor índice de aproveitamento de fertilizantes, ou desfrute (Tabela 1). O estado de Minas Gerais, importante região produtora de café, com extensa área cultivada, utiliza a maior quantidade de NPK por unidade de área, em relação às demais culturas, porém, não detém a maior produtividade agrovegetal, indicando, assim, a necessidade de adequação das boas práticas de uso de fertilizantes para melhor aproveitamento dos nutrientes.

Tabela 1. Desfrute médio de nutrientes pelas principais culturas brasileiras no período de 2009 a 2012.

Cultura	Desfrute médio[1]		
	N	P_2O_5	K_2O
	- - - - - - - - - - -	(%)	- - - - - - - - - - -
Soja	-	50	99
Milho	79	96	65
Cana-de-açúcar	80	70	67
Café em coco	20	11	45
Algodão herbáceo	44	16	58
Arroz	103	74	91
Feijão	67	35	115
Laranja	51	28	67
Trigo	58	48	35

[1] Desfrute é o índice de uso dos fertilizantes, correspondendo ao percentual exportado em relação ao consumo estimado por cultura.

Fonte: Cunha et al. (2014).

Para melhor entender esse comportamento da cultura, o IPNI implementou um plano de estudo sobre o balanço de nutrientes em oito propriedades agrícolas localizadas em Minas Gerais e São Paulo. Nelas, são selecionados talhões onde são analisados (i) as entradas de insumos (N-P_2O_5-K_2O mineral e orgânico), (ii) a produção de café em coco e (iii) os teores dos nutrientes nos grãos e na palha – dados empregados para o estudo do balanço de nutrientes.

[1] Engenheira Agrônoma, Editora Assistente do IPNI Brasil; e-mail: sstipp@ipni.net
[2] Engenheiro Agrônomo e Florestal, Doutor, Diretor Adjunto do IPNI Brasil; e-mail: vcasarin@ipni.net

Palestra: CONSTRUÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO NO AMBIENTE CERRADO

Dr. Carlos Alberto Silva, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG;
Dr. Paulo Tácito G. Guimarães, EPAMIG, Lavras, MG

A região do Cerrado, naturalmente, apresenta solos de baixa fertilidade, que demandam correção da acidez e adubação para o estabelecimento de um sistema de produção sustentável. O solo fértil é aquele que possui disponibilidade de nutrientes acima do nível crítico. Na construção de um solo fértil, é imprescindível manter um balanço nutricional adequado.

Os benefícios advindos da construção da fertilidade do solo incluem:

• Maior disponibilidade de água no solo. No cenário atual de grande parte do país, onde as altas temperaturas e os períodos de estiagem são mais frequentes, a água é um fator-chave na obtenção de alta produtividade;

• Uso eficiente dos fertilizantes, com possibilidade de aumentar a taxa de recuperação de fósforo (P) de 5% para até 45-50%, e de nitrogênio (N) e potássio (K) de 35% para até 75%;

• Suprimento dos nutrientes de modo balanceado, devido ao maior tamponamento do sistema proporcionado pela maior quantidade de matéria orgânica e água armazenados no solo;

• Imobilização, em longo prazo, dos nutrientes ligados à matéria orgânica do solo (MOS), o que implica em construção da fertilidade do solo;

• Aumento da MOS;

• Aumento da produtividade e redução do custo da adubação, pelo uso mais eficiente de fertilizantes.

Por isso, a construção da fertilidade deve buscar: maior armazenamento de MOS, manejo correto da calagem, escolha certa do corretivo, suprimento equilibrado de nutrientes e aumento na taxa de recuperação dos nutrientes nos fertilizantes, os quais asseguram, ao longo dos anos, altas produtividades do cafeeiro.

O armazenamento de MOS é é importante, dado que contribui para a manutenção da sua estrutura, melhora a infiltração e a retenção da água, neutraliza o alumínio tóxico e aumenta a capacidade de troca de cátions (CTC) – fatores que contribuem para o acréscimo de produtividade. A manutenção, ou aumento da MOS é um processo complexo e deve ser conduzido visando reduzir as perdas (decomposição, fogo, lixiviação, erosão) e aumentar o aporte de carbono (C) no solo via uso de resíduos.

O aporte de C pode ser realizado tanto pela utilização de plantas que apresentam alta capacidade de produção de biomassa, como as braquiárias e os adubos verdes, assim como pelo emprego de resíduos da poda do cafeeiro, que, por serem mais lignificados, aumentam o coeficiente de humificação do C adicionado ao solo. Na Tabela 2 é possível observar que a poda realizada a 1 m de altura em cafeeiro Mundo Novo pode adicionar 13 t ha^{-1} de C, 320 kg ha^{-1} de N e quase 300 kg ha^{-1} de K, os quais representam créditos de nutrientes que devem ser considerados na construção da fertilidade do solo. Para que o material oriundo da poda seja eficientemente utilizado, é necessário que esteja bem moído e distribuído na zona de influência do sistema radicular, ou seja, na projeção da copa do cafeeiro. O adensamento das lavouras de café também contribui para o maior aporte de matéria orgânica e para a ciclagem mais eficiente de nutrientes no solo.

Nos sistemas de adubação do cafeeiro, deve-se considerar a exigência nutricional da cultura, a produtividade esperada, os créditos de nutrientes (principalmente N) por resíduos vegetais – podas, estercos e resíduos de culturas intercaladas ao plantio de cafeeiro –, a disponibilidade do nutriente no solo e os teores de nutriente nas folhas, a fim de balizar a necessidade e o número de adubações em cobertura com N e K.

Tabela 2. Aporte de nutrientes por resíduos da poda de cafeeiro Mundo Novo decotado a 1,0 m e 1,5 m, em Varginha, MG.

Nutriente	Decote	
	1,0 m	1,5 m
C (kg ha^{-1})	12.480	6.919
N (kg ha^{-1})	320	177
P (kg ha^{-1})	17	10
K (kg ha^{-1})	289	183
Ca (kg ha^{-1})	150	68
Mg (kg ha^{-1})	35	17
S (kg ha^{-1})	8	6

Fonte: Adaptada de Garcia et al. (1986) e Matiello et al. (2007).

A partir dos resultados das análises de solo e do potencial das lavouras, define-se a necessidade do uso de corretivos (calcário e gesso) e de fertilizantes. Atenção especial deve ser dada à escolha do corretivo, levando-se em conta o magnésio (Mg), pois, além de nutriente, ele otimiza a eficiência de uso do P pelas plantas. O gesso traz muitos benefícios: neutraliza o alumínio (Al) no subsolo, fornece cálcio (Ca) e enxofre (S) e promove o maior crescimento de raízes em profundidade, aumentando a quantidade de ligantes orgânicos e o aproveitamento da água no subsolo.

O P é um nutriente fundamental na construção da fertilidade do solo. Como existe a possibilidade do nutriente estar sendo aplicado em subdoses nas lavouras cafeeiras, a manutenção de concentração razoável de P na solução do solo pode ser considerada como ponto-chave para se promover uma adubação fosfatada eficiente.

No caso dos micronutrientes, o cuidado deve ser redobrado nas lavouras de alta produtividade, utilizando-se análise do solo, aplicação de doses e fontes adequadas, com uso também de adubação suplementar, via adubos foliares, quando necessário.

Palestra: MANEJO NUTRICIONAL NO PROGRAMA DE PODAS DO CAFEEIRO

Engº Agrº Alysson Vilela Fagundes, Fundação Procafé, Varginha, MG

A poda é um dos aspectos relevantes e indispensáveis no manejo integrado do cafeeiro, que também inclui a adubação. Os tipos de poda básicos incluem: recepa, esqueletamento, decote e desponte.

Os critérios básicos a serem considerados para o sucesso das podas são: cultivar, estande da lavoura, época da poda, adubação e tratamentos fitossanitários. Existem cultivares de cafeeiros que apresentam maior ou menor vigor e que respondem, na prática, de forma diferenciada na sua capacidade de brotação após a poda. A produtividade, dentro de certos limites, guarda relação com o número de plantas por hectare. As podas devem ser realizadas no período entre o término da colheita e o reinício das chuvas, as quais normalmente ocorrem de junho a setembro. Cafeeiros que recebem a poda em junho-julho apresentam maior desenvolvimento das brotações (Figura 1).

A cafeicultura atual não pode dispensar o controle adequado de pragas e doenças, sem o que muito do investimento em outras práticas, como a adubação, seria perdido em função dos prejuízos ocasionados pelos problemas de ordem fitossanitária nos cafezais.

Segundo Dr. Fagundes, equilíbrio é a palavra-chave em se tratando da correção do solo e da nutrição e adubação do cafeeiro, pois tanto a falta quanto o excesso de corretivos e fertilizantes

Figura 1. Crescimento dos ramos em relação ao período em que foi realizada a poda.

comprometem a produtividade e a produção. A disponibilidade de nutrientes nos solos deve correlacionar-se com as quantidades absorvidas pelas plantas e com a produção possibilitada pelo nutriente no solo. Assim, os critérios básicos para a adubação do cafeeiro incluem:

- Quantificação da demanda de nutrientes para o cafeeiro;
- Quantificação da demanda de nutrientes no sistema solo/planta;
- Recomendação de adubação propriamente dita.

Basicamente, são necessários 6,2 kg de N, 0,61 kg de P_2O_5 e 5,9 kg de K_2O para a produção de 1 saca de café, computando-se as exigências para vegetação e produção.

Para quantificar a demanda de nutrientes no sistema solo/planta é necessário realizar análises de solo e de folha. A recomendação de adubação para lavouras adultas pode dispensar parcialmente a quantidade total de nutrientes necessária à cultura do café em função da reciclagem dos nutrientes presentes nas folhas, que é expressiva: uma lavoura em produção recicla cerca de 5,5 t de folhas por ano, as quais contém 166 kg ha^{-1} de N, 6,7 kg ha^{-1} de P e 94 kg ha^{-1} de K (média de 5 localidades).

Em solo pobre, sem correção, é preciso construir a fertilidade do solo. Assim, no cálculo da quantidade de nutrientes necessária soma-se a demanda de nutrientes para a produção pendente estimada e a demanda de nutrientes pela vegetação para a safra almejada.

Já quando se trata de um solo corrigido, a necessidade de nutrientes é resultado da quantidade de nutrientes necessária para a produção pendente estimada menos a quantidade de nutrientes disponível no solo. Nesse caso, a demanda pela vegetação não é considerada, porque o cafeeiro recicla 100% das folhas perdidas em 18 meses. As folhas que caem ao solo liberam nutrientes no processo de decomposição, servindo para o crescimento e a produção da safra seguinte, caso permaneçam na área de cultivo.

Na adubação de lavouras podadas, devem ser considerados dois fatores importantes: quantidade de nutrientes no material podado e mortalidade do sistema radicular.

(a) Quantidade de nutrientes no material podado (decote + esqueletamento a 1,5 m). O material resultante de poda contém 261 kg ha^{-1} de N, 16 kg ha^{-1} de P_2O_5, 273 kg ha^{-1} de K_2O, 101 kg ha^{-1} de CaO, 26 kg ha^{-1} de MgO, 10 kg ha^{-1} de S, 268 g ha^{-1} de B, 191 g ha^{-1} de Cu e 121 g ha^{-1} de Zn, o que equivale a uma adubação aproximada de 1 t da fórmula 25-00-25, 100 kg de superfosfato simples, além dos micronutrientes.

(b) Mortalidade do sistema radicular. Quando se efetua a poda do cafeeiro modifica-se substancialmente a relação parte aérea/sistema radicular. Como essas duas partes estão em equilíbrio, haverá morte de raízes como forma de restabelecimento deste equilíbrio, em intensidades proporcionais à natureza da poda (Tabela 3). A recepa e o esqueletamento causam grande mortalidade de raízes: nota-se que após 120 dias após a poda somente 17% do sistema radicular está vivo.

A adubação de lavouras podadas difere da adubação de lavouras em livre crescimento, pois nela são computadas as necessidades da planta para vegetação e para produção.

Tabela 3. Mortalidade de raízes de cafeeiros em vários tipos de podas em cafezal Mundo Novo com 7 anos, em espaçamento 3,5 m x 1,5 m (3-4 hastes/cova). Alfenas, MG, 1986.

Tipos de poda	% de raízes vivas (em peso)			
	Aos 30 dias	Aos 60 dias	Aos 120 dias	Média
Recepa	87	32	17	44
Esqueletamento	75	37	17	42
Decote	90	55	77	77
Testemunha sem poda	100	100	100	100

Fonte: Miguel et al. (1984).

Alguns fatores devem ser considerados para cada nutriente.

(1) Nitrogênio

A relação C/N total do material podado varia de 50/1 a 120/1, dependendo da origem, se proveniente do decote ou da recepa. No material triturado, a relação varia de 15 a 25/1.

A primeira adubação nitrogenada deve ser realizada em Outubro, para acelerar o crescimento da planta, porque o sistema radicular é ineficiente e a relação C/N é alta no material podado. Por isso, é necessário aumentar os parcelamentos, que devem ser realizados no início de Novembro, Dezembro e Fevereiro, para evitar picos de N e consequente incidência de doenças fúngicas e bacterianas.

Cuidados extras devem ser tomados com o excesso e o desequilíbrio de nutrientes e com a vegetação excessiva, que causam redução na produtividade. Em lavouras podadas, deve-se utilizar fontes nitrogenadas que proporcionam menores perdas de N (ureia protegida, nitrato e sulfato de amônio).

A dose de N indicada para lavouras podadas, considerando uma produtividade média de 40 sacas ha^{-1}, é de 250 a 300 kg ha^{-1}.

(2) Fósforo

Os materiais podados são pobres em fósforo: 5 a 20 kg ha^{-1}, por isso, as adubações fosfatadas devem ser realizadas sempre que necessárias, com base na análise de solo.

O fósforo do material podado tem alta eficiência, porque é de origem orgânica.

(3) Potássio

Os materiais resultantes da poda são ricos em potássio: 80 a 290 kg ha^{-1} (80 kg ha^{-1} na lavoura decotada e 290 kg ha^{-1} na recepa). Todo o potássio do material triturável estará disponível em curto e médio prazo e as adubações potássicas devem ser realizadas somente em casos de deficiência, porque a lavoura não terá produção no ano da poda. A análise de solo determinará a necessidade da aplicação.

Uma relação muito importante a ser observada é a N/K; se houver um desbalanço favorável ao N, haverá problemas com o complexo de doenças *Phoma*/*Ascochita*/*Pseudomonas*. Se houver um desbalanço

favorável ao K, haverá problemas com cercosporiose. Portanto, é de grande importância a manutenção dessa relação equilibrada para não haver ataques inoportunos dessas doenças, visto que o controle químico é menos eficientes nessas situações de desequilíbrio nutricional.

(4) Cálcio e magnésio

Os materiais da poda são pobres em magnésio: 8 a 30 kg ha^{-1}. A relação Ca:Mg do material podado é desequilibrada, sempre maior que 3/1; por isso, esses nutrientes têm que ser supridos rapidamente em caso de deficiência severa.

A adubação e a calagem devem suprir Ca e Mg em quantidades suficientes, mantendo o equilíbrio adequado entre os vários nutrientes, visando seu melhor aproveitamento. O excesso de alguns é prejudicial, tanto pelo maior investimento necessário, como pelos desequilíbrios e antagonismos causados. A falta, igualmente, leva ao desequilíbrio e à deficiência de nutrientes.

(5) Micronutrientes

O material podado é pobre em micronutrientes e é necessário seu suprimento no solo e/ou via foliar, de acordo com as análises. As deficiências de micronutrientes são muito comuns nas lavouras, principalmente nos primeiros meses de brotação, devido ao menor sistema radicular do cafeeiro.

Fatores a considerar na adubação após recepa (0,4 m):

- A produção esperada para o biênio varia de 0 a 20 sacas ha^{-1};
- A quantidade de nutrientes no material podado é alta: 320 kg ha^{-1} de N, 18 kg ha^{-1} de P_2O_5, 286 kg ha^{-1} de K_2O, 149 kg ha^{-1} de CaO, 30 kg ha^{-1} de MgO, 10 kg ha^{-1} de S, 306 g ha^{-1} de B, 229 g ha^{-1} de Cu e 174 g ha^{-1} de Zn;
- A relação C/N (total) é muito alta: > 100/1 (imobilização);
- As correções são feitas de acordo com a análise de solo.

Fatores a considerar na adubação após esqueletamento (1,5 m):

- A produção esperada para o biênio: acima de 40 sacas ha^{-1};
- A quantidade de nutrientes no material podado é alta: 261 kg ha^{-1} de N, 16 kg ha^{-1} de P_2O_5, 273 kg ha^{-1} de K_2O, 101 kg ha^{-1} de CaO, 26 kg ha^{-1} de MgO, 10 kg ha^{-1} de S, 268 g ha^{-1} de B, 191 g ha^{-1} de Cu e 121 g ha^{-1} de Zn;
- A relação C/N (total) é alta: > 50 a 80/1 (imobilização);
- As correções são feitas de acordo com a análise de solo.

Fatores a considerar na adubação após decote (2 m):

- A produção esperada para o biênio: acima de 40 sacas ha^{-1};
- A quantidade de nutrientes no material podado é baixa: 80 kg ha^{-1} de N, 5 kg ha^{-1} de P_2O_5, 78 kg ha^{-1} de K_2O, 33 kg ha^{-1} de CaO, 8 kg ha^{-1} de MgO, 3 kg ha^{-1} de S, 83 g ha^{-1} de B, 51 g ha^{-1} de Cu e 28 g ha^{-1} de Zn;
- A relação C/N (total) é muito alta: > 100/1 (imobilização);
- As correções são feitas de acordo com a análise de solo.

Palestra: O ATUAL SISTEMA DE MANEJO DO SOLO GARANTE UMA NUTRIÇÃO PARA ALTAS PRODUTIVIDADES DE CAFÉ?

Dr. José Laércio Favarin, ESALQ/USP, Piracicaba, SP

De acordo com Dr. Favarin, vários fatores podem afetar a cultura do cafeeiro. O fator hídrico é o mais importante para o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da cultura. O atual sistema de implantação de café não é adequado para o ambiente tropical, porque nossos solos armazenam pouca água, e as raízes da planta exploram, basicamente, a camada de 0-20 cm do perfil do solo, suficiente apenas para atender a necessidade em nutrientes. Com pouca água, os meios pelos quais os nutrientes chegam as raízes são prejudicados, e a nutrição da planta também. Para o fósforo, por exemplo, o principal mecanismo de movimento no solo é a difusão, a qual depende de vários fatores, entre eles o conteúdo volumétrico de água no solo.

A disponibilidade de água é um grande problema para as culturas perenes, pois as chuvas são estacionais, com média de seis meses de chuva por ano, embora a perda do solo e da planta seja contínua pela evaporação e pela transpiração. O estado de água nos diversos órgãos das plantas é uma propriedade dinâmica afetada pelo balanço entre a perda de vapor d'água das folhas para a atmosfera e a absorção pelas raízes. As taxas de transpiração, de fotossíntese e, portanto, de crescimento são afetadas pelas alterações no estado hídrico das plantas.

O caminho para tornar a cafeicultura uma atividade menos arriscada e mais rentável passa pela adoção de técnicas de implantação e manejo que proporcionem melhor aproveitamento da água das chuvas armazenada no solo. Para isso, propõe-se uma mudança no conceito de preparo de solo para a implantação do cafeeiro, do atual sistema horizontal (corrige-se apenas os primeiros 15 a 20 cm de solo) pelo sistema vertical, em que a preocupação vai além da camada superficial. Para tanto, as barreiras químicas e, principalmente, físicas, limitantes ao crescimento do sistema radicular, devem ser eliminadas. Desta forma, as raízes exploram maior volume de solo e, consequentemente, da água armazenada em camadas mais profundas do solo. O risco dos períodos de estiagem é minimizado e, ainda, favorece a absorção de nutrientes presentes no maior volume de solo explorado.

O preparo de solo convencional (preparo "horizontal") não é o mais adequado para as condições climáticas e edáficas do ambiente tropical. O preparo de solo ajustado ao ambiente tropical – profundo ou "vertical" – pela correção da fertilidade do perfil do solo, com a incorporação de calcário, também promove o rompimento mecânico das zonas compactadas, o que favorece a difusão de oxigênio no solo, sem o qual não há crescimento radicular. A maneira mais eficiente e duradoura da qualidade física do solo – presença de poros – se consegue com plantas que tenham um amplo sistema radicular. Nesse caso, o uso de gramíneas forrageira intercalada no cafezal contribui para esse fim.

Os sistemas atuais de manejo da cultura, com altas densidades de plantio, permitem melhor e mais completa exploração dos solos pelas raízes, fato imprescindível ao uso eficiente de água e sais minerais disponíveis, independentemente da profundidade de solo explorada pelas raízes. Portanto, o preparo horizontal dos primeiros 15 cm a 20 cm da superfície do solo que se faz normalmente deve ser abolido quando se trata de plantas perenes nos trópicos, e substituído pelo preparo vertical do solo, pelas razões já apresentadas.

As plantas cultivadas nesse sistema sofrem menos déficits hídricos, provocados pelo veranico, comum na estação das águas, ou pela seca da época de estiagem – cinco a seis meses sem chuva. Com isso, o cafeeiro mantém a superfície foliar ativa por mais tempo. As operações mecânicas nesse sistema revolvem e incorporam os insumos a cerca de 60 cm de profundidade ou mais, dependendo do implemento. Estimulam, também, a ação biológica do solo pela mistura da biomassa da cultura e/ou da forrageira intercalada, previamente instalada na área a ser destinada ao café.

O consórcio do cafeeiro com braquiária é outra tendência na cafeicultura. No consórcio não se pressupõe a competição entre as plantas, pois elas compartilham os recursos do ambiente: radiação solar, água e nutrientes. A presença da forrageira no cafezal obriga a ceifas periódicas, as quais proporcionam aporte de resíduos na projeção da copa da planta, e, assim, mantém a umidade do solo por mais

tempo, pois reduz a evaporação. Outro benefício está associado à mineralização, processo que libera os nutrientes absorvidos do solo e/ou do fertilizante que se encontram no volume de solo da entrelinha – região pouco acessada pelas raízes do cafeeiro, mais concentradas sob a copa da planta.

Palestra: MANEJO DA CALAGEM E DA GESSAGEM EM CAFÉ

Dr. André Guarçoni, INCAPER/ES, Vitória, ES

Dr. Guarçoni apresentou ideias inovadoras em relação à calagem e à gessagem para solos arenosos, manejos importantes para as regiões do Cerrado e do Norte Capixaba.

Segundo ele, a maior parte dos solos utilizados para o plantio do café no Brasil apresenta baixos teores de cálcio trocável e elevados teores de alumínio, especialmente nas camadas mais profundas. A calagem, se realizada corretamente, pode corrigir ou atenuar esses efeitos negativos, em superfície, elevando o potencial agrícola dos solos e, consequentemente, aumentando a produtividade das lavouras. O gesso, embora seja fundamental para se alcançar elevadas produtividades na cafeicultura, pois fornece Ca e reduz a toxidez de alumínio em camadas profundas do solo, não pode ser considerado um corretivo da acidez, pois não fornece OH^- e, portanto, não eleva o pH do solo.

Os fatores que influenciam a eficiência de corretivos e condicionadores são: dose, tipo/qualidade e forma de aplicação. Esses fatores devem agir em conjunto para que a ação do insumo seja efetiva.

Nos principais estados brasileiros produtores de café são utilizados dois métodos para cálculo da necessidade de calagem (NC): o método da elevação da saturação por bases ($NC = T(Ve - Va)/100$) e o método da neutralização do Al^{3+} e elevação dos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} ($NC = Y \times Al^{3+} + [X - (Ca^{2+} + Mg^{2+})]$). Em ambos, os valores calculados indicam toneladas por hectare de calcário, com PRNT = 100%, na camada de 0-20 cm de profundidade.

O método da saturação por bases visa elevar o teor de bases do solo até valores pré-estabelecidos para diversas culturas. Em consequência, há aumento do pH, mas sem a possibilidade de se estimar até que valor, exceto se for utilizada uma equação como a proposta por Catani e Gallo (1955): $pH = 4,288 + 0,03126V$. Nesse método, considera-se a saturação por bases do solo e a saturação que se deseja atingir, bem como a CTC a pH 7,0 (T).

Quando a CTC do solo a pH 7,0 é baixa, como nos solos arenosos, este método tende a recomendar uma dose de calcário insuficiente para suprir a necessidade das plantas de café em Ca e Mg. Portanto, não seria adequado para essas condições. Por outro lado, o método da neutralização do Al^{3+} e elevação dos teores de Ca^{2+} + Mg^{2+} pode, em algumas situações, originar doses que ultrapassam o valor da CTC total do solo (T), o que certamente eleva o pH do solo a valores muito próximos ou maiores que 7,0, o que é indesejável.

Após comparar os resultados da aplicação desses três métodos clássicos e de três algoritmos de cálculo da necessidade de calagem em 600 amostras de solos sob cultivo de café em Minas Gerais, Dr. Guarçoni desenvolveu uma sequência de fórmulas que garante mais acerto na recomendação de calagem, denominada de *Método da saturação por base com garantia de suprimento de Ca e Mg*.

Segundo ele, o algoritmo que preconiza o alcance de definida saturação por bases, com garantia de suprimento adequado de Ca e Mg e dose máxima limitada ao valor de H+Al, mostrou-se a forma de cálculo mais eficiente, especialmente no fornecimento adequado de Ca e Mg e na redução de possíveis excessos nas doses a serem aplicadas, recomendando-se sua utilização para inúmeras situações de cultivo, principalmente para a calagem em solos mais arenosos, como os do norte do Espírito Santo.

Palestra: MANEJO DA FERTILIDADE DO SOLO EM CAFÉ DE MONTANHA

Engº Agrº João Carlos Peres Romero, Consultor, Ouro Fino, MG

Segundo o Engenheiro Agrônomo João Carlos Peres Romero, é inquestionável a importância da cafeicultura de montanha no Brasil e no mundo. Atualmente, cerca de 80% do café produzido no mundo vêm de regiões montanhosas, e no Brasil, segundo a CONAB, 33% da área total de café (2,3 milhões ha) localiza-se na montanha, o que corresponde a 759.000 hectares. Do total de 43.235 milhões de sacas de café produzidos no país em 2015/2016, cerca de 14 milhões de sacas vieram dos cultivos nas montanhas. As maiores regiões produtores se dividem entre o Sul de Minas Gerais e o Espírito Santo.

Na cafeicultura de montanha o manejo é diferenciado, com a construção de terraços ou platôs que facilitam as operações de manejo e vizam priorizar a ciclagem de nutrientes e proteger o solo da erosão.

Um plano de adubação do cafezal inicia-se com a análise de solo, continua com a correção da acidez e termina com a aplicação do fertilizante. No manejo da fertilidade do solo deve-se observar um conjunto de fatores:

1) **Manejo da cobertura do solo**. Uma forma de aumentar a produtividade do cafezal e proteger o solo da erosão é manter as entrelinhas do cafezal protegidas com cobertura viva ou morta. Além de conservar a água para a lavoura e evitar altas temperaturas no terreno, ela enriquece o solo com matéria orgânica e alguns nutrientes e reduz a presença de plantas daninhas. A produção de café juntamente com o capim braquiária (*Brachiaria ruziziensis*) é uma boa opção de consórcio, devido à sua rusticidade, fácil adaptação e controle, baixa incidência de pragas e doenças e grande produção de material vegetal. O importante é deixar a linha de café limpa e protegida e a entrelinha vegetada ou com cobertura morta.

As vantagens do solo coberto em cafezais já estabelecidos são: menor lixiviação de K, aumento da CTC e da disponibilidade de P, menor toxicidade por Al, transporte de Ca e Mg até o subsolo e acúmulo de K na camada superficial.

2) **Correção da acidez do solo**. Para que a adubação da cultura tenha sucesso, é necessário primeiramente realizar a análise de solo e corrigir sua acidez. As causas da acidez do solo são: uso de adubos nitrogenados; lixiviação de cátions (K, Ca, Mg); hidrólise de Al, Fe e Mn; absorção diferencial de íons pelas raízes e excesso de água pela chuva e irrigação. Quando se realiza a calagem adequadamente, diversos efeitos favoráveis se combinam e agem concomitantemente para melhorar a produtividade das lavouras, pois ela fornece cálcio e magnésio para a planta, aumenta a eficiência de uso dos fertilizantes, diminui os efeitos tóxicos do alumínio, do manganês e do ferro, além de aumentar a retenção de alguns nutrientes no solo. As bases químicas efetivas na correção da acidez do solo são CO_3^{-2}, OH^- e SiO_3^{-2}, ou seja, carbonatos, hidróxidos e silicatos solúveis.

3) **Reciclagem de nutrientes**. O cultivo de plantas de cobertura (braquiária, crotalária, panicum e outras) melhora a estrutura do solo, proporciona a ciclagem de nutrientes e, quando há leguminosas, também promove a fixação biológica do N atmosférico. Dessa forma, tal prática contribui positivamente para o balanço de N e P e aumento do estoque de C e N no solo e, consequentemente, proporciona aumento na produção da cultura.

4) **Aplicação de fertilizantes**. A adubação do cafeeiro deve ser planejada de acordo com os resultados da análise de solo e da análise foliar, e as quantidades variam em função da idade da planta, do tipo de fertilizante utilizado, das perdas de nutrientes que venham a ocorrer, entre outros aspectos. A adubação deve suprir os nutrientes em quantidade suficiente para a planta, considerando o equilíbrio adequado entre os vários nutrientes, visando seu melhor aproveitamento. O manejo da adubação deve ser diferenciado para as diferentes cultivares de café, devido às suas características e exigências específicas.

Palestra: AGRICULTURA DE PRECISÃO COMO FERRAMENTA PARA BOAS PRÁTICAS DE USO DE FERTILIZANTES NO CAFEEIRO

Dr. José Paulo Molin, ESALQ/USP, Piracicaba, SP

De acordo com Dr. Molin, as lavouras não são uniformes, e a agricultura de precisão (AP) é uma ferramenta que pode ser utilizada para o gerenciamento dessa variabilidade espacial (e temporal). O objetivo da AP é otimizar a produtividade e o lucro em cada área específica por meio da redução de custos de produção, aumento da produtividade e maior eficiência dos agentes de produção (insumos, máquinas e outros).

As duas grandes vertentes da AP são a variabilidade espacial e as tecnologias relacionadas ao sistema de navegação por satélite (GNSS – Global Navigation Satellite System). A variabilidade espacial engloba investigação e mapeamento (amostragens, sensores e sistema de informação geográfica) e gestão (uso de insumos localizados e em taxas variáveis). As tecnologias relacionadas ao GNSS incluem: sistemas de direcionamento, telemetria, controle de tráfego e automações, como o controle automático de sessões e outros (automação das máquinas).

Sob a ótica do uso de fertilizantes e corretivos, resumidamente, existem duas estratégias que podem ser adotadas. A mais simples e rápida está relacionada ao manejo da fertilidade do solo por meio do gerenciamento da correção e adubação (calcário, gesso e fertilizantes) das lavouras com base apenas em amostragem georreferenciada do solo, considerando basicamente os teores de nutrientes no solo. Há o planejamento da amostragem sistemática do solo (amostragem em grade ou "grid"), com sua retirada no campo, análise no laboratório, processamento dos dados e geração dos mapas de aplicação individuais para cada indicador da fertilidade do solo. Essa amostragem tem o objetivo de determinar as necessidades do solo com maior detalhamento, quando comparada à prática da amostragem convencional.

A outra estratégia é mais ampla e mais elaborada e inclui as plantas, pois leva em consideração a produtividade das culturas anteriores para se fazer a reposição dos nutrientes extraídos. É uma abordagem que exige a geração de mapas de produtividade e que, portanto, exige mais equipamento, mais trabalho e maior domínio por parte do usuário ou de seu consultor, mas a solução é proporcionalmente mais acertada por considerar também a variabilidade da produtividade da lavoura, e não apenas a do conteúdo de nutrientes no solo. Os dados de produtividade expressos por mapas são fundamentais para o manejo adequado da cultura, e a interpretação da variabilidade presente nas lavouras implica em uma relação entre causas e efeito. A interpretação e explicação para os fatos é a tarefa mais complexa, em que devem ser identificados os fatores que podem estar causando as baixas produtividades onde elas se manifestarem.

O mapa de produtividade de um talhão é um conjunto de muitos pontos e cada ponto representa uma pequena porção da lavoura. A posição do ponto é obtida por meio de um receptor de GPS que fornece as coordenadas corretas de latitude e longitude da máquina. A disponibilidade de técnicas para geração de mapas de produtividade de café ainda é incipiente, mas com um pouco de criatividade é possível obtê-los, inclusive em colheita manual.

Os mapas de produtividade são de primeira importância, não somente porque mostram a variabilidade das lavouras, mas também porque, numa abordagem mais correta para a recomendação de adubação do ciclo seguinte, leva-se em consideração a produtividade da cultura anterior para se fazer a reposição dos nutrientes extraídos.

Com a adoção da AP, há grande chance de economia de calcário e de fertilizantes com a sua aplicação em dose variável dentro de cada talhão. A prática tradicional, de aplicação do fertilizante em dose única, pode resultar em erro para mais, o que é perfeitamente compreensível quando a tomada de decisão pela recomendação de uma dose para toda a lavoura é feita de forma conservadora. É de se esperar que, com a realocação dos insumos, sejam diminuídos os desequilíbrios e, como resultado, a produtividade das culturas seja maior (Figura 2).

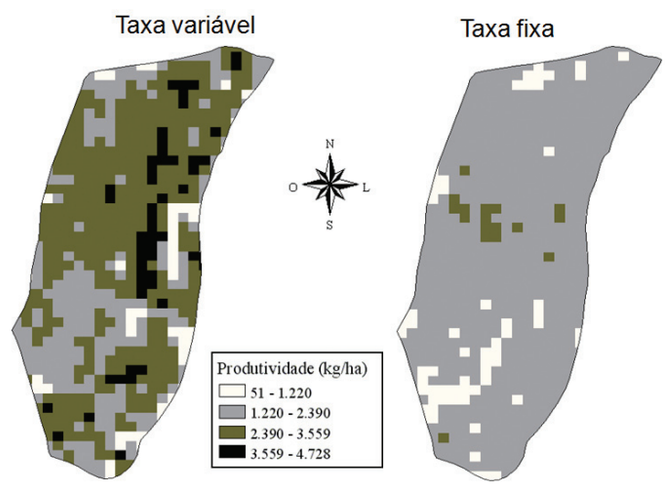

Figura 2. Comparação dos mapas de produtividade de café beneficiado referentes à mesma área adubada em taxa variável e em taxa fixa.

Hoje, especialmente no Brasil, as soluções existentes estão focadas na aplicação de fertilizantes e corretivos em taxa variável, porém, não se deve esquecer que a AP é um sistema de gestão que considera a variabilidade espacial das lavouras em todos seus aspectos: produtividade, solo (características físicas, químicas, compactação, etc.), infestação de plantas daninhas, doenças e pragas.

Palestra: FERTILIZANTES NÃO CONVENCIONAIS

Dr. Heitor Cantarella, IAC, Campinas, SP

De acordo com Dr. Cantarella, a eficiência de utilização dos nutrientes aplicados como fertilizantes na agricultura brasileira ainda é baixa, e varia de 40-60% para N, 10-30% para P e 50-70% para K. A rigor, essa eficiência reflete a recuperação do fertilizante pela planta no primeiro ano de cultivo, porém, na realidade, outros fatores interferem na recuperação e devem ser computados. No caso do N, existem muitos mecanimos de perda pelos quais ele pode deixar o sistema, como lixiviação, desnitrificação e volatilização. Para o P, embora a sua eficiência de recuperação seja relativamente baixa, ele apresenta um efeito residual no solo de longo prazo e pode ser recuperado pela planta nos anos seguintes, desde que seu manejo seja adequado. Já o K pode ser perdido por lixiviação, principalmente nos solos mais arenosos, ou ser retido no complexo de troca do solo e ser aproveitado pelas plantas nos anos posteriores. Assim, no manejo do solo e dos fertilizantes, deve-se levar em consideração a possibilidade desses nutrientes serem perdidos ou recuperados no sistema.

Para aumentar a eficiência de utilização dos nutrientes pelas culturas, além da adoção das boas práticas de manejo de fertilizantes, pode-se utilizar, tanto os fertilizantes tradicionais como os fertilizantes de eficiência aumentada.

Os fertilizantes de eficiência aumentada se apresentam em duas classes: fertilizantes de liberação lenta e de liberação controlada e fertilizantes estabilidados.

a) Fertilizantes de liberação lenta e de liberação controlada: são os fertilizantes recobertos, encapsulados, insolúveis e outros.

Os fertilizantes de liberação lenta têm baixa solubilidade em água e se caracterizam por fornecer os nutrientes de forma gradual, de acordo com a necessidade da cultura, reduzindo, assim, a necessidade de parcelamento e diminuindo as perdas. Basicamente, aplicam-se aos fertilizantes nitrogenados. Para o café, existem no mercado fontes de fertilizantes de liberação lenta à base de ureaformaldeído, especialmente para café em formação.

Os fertilizantes de liberação controlada são produtos tradicionais (ureia, mistura NPK, micronutrientes), porém encapsulados ou recobertos com polímeros ou resinas, os quais propiciam uma barreira física contra a exposição do nutriente. Os polímeros proporcionam condições de controle e podem ser produzidos para sincronizar a liberação do nutriente de acordo com as necessidades nutricionais das plantas ao longo do ciclo de cultivo. A taxa de liberação do nutriente depende da composição ou da espessura do polímero, permitindo que o fertilizante seja colocado próximo às raízes, sem provocar danos às plantas pelo efeito salino.

De acordo com Dr. Cantarella, existem, na literatura, muitos resultados positivos da pesquisa reconhecendo a eficiência agronômica dos fertilizantes de liberação lenta ou controlada no aumento da eficiência de uso dos nutrientes e na redução do parcelamento da adubação. Porém, algumas vezes, a liberação do nutriente não corresponde ao esperado, devido a falhas no recobrimento do produto e às condições de solo/clima, que não favorecem a liberação ou dissolução do nutriente no tempo estimado.

b) Fertilizantes estabilizados

Existem duas classes principais de fertilizantes estabilizados de importância no mercado: aqueles que contêm inibidores de nitrificação e inibidores de urease. São fertilizantes convencionais que contêm aditivos, que visam reduzir as perdas de N e aumentar o tempo de sua disponibilidade no solo. Existem também os aditivos com o propósito de reduzir a fixação de P, porém, a sua eficiência ainda precisa ser testada.

Há vários produtos no mercado com potencial de inibição da nitrificação. Sua função é reduzir as perdas por lixiviação de nitrato. Entre os muitos compostos testados estão a nitrapirina, a dicianodiamida e o fosfato de 3,4-dimetil pirazole. Resultados de pesquisa mostraram pouco efeito desses produtos no aumento da produção, com efeitos positivos em apenas parte dos experimentos. Os melhores resultados foram obtidos em solos leves, com maiores riscos de lixiviação de N.

Os inibidores de urease são aditivos que retardam a hidrólise de ureia e reduzem as perdas de NH_3. Mais de 14.000 compostos ou misturas de compostos, com uma ampla gama de características, foram testados, e muitos patenteados como inibidores de urease, porém, o tiofosfato de N-(n-butil) triamida (NBPT) é atualmente o único inibidor de urease que tem grande importância comercial e prática na agricultura. Porém, pelo menos uma nova molécula – NPPT – está entrando no mercado. Resultados de pesquisa com o NBPT mostraram que: (a) ele não elimina, mas reduz as perdas de NH_3, permitindo o aumento da eficiência de uso do N da ureia, (b) sua eficiência depende das condições ambientais, (c) quanto maior o risco de perdas de NH_3, maior pode ser o benefício do uso do inibidor, e (d) ele é menos eficiente no controle de perdas de NH_3 em solos ácidos, em relação aos solos com pH mais elevado (Tabela 4)..

Tabela 4. Volatilização acumulada de NH_3 da ureia (UR) aplicada com ou sem inibidor de urease NBPT (530 mg kg^{-1}) na superfície de Latossolo Vermelho-Amarelo (359 g kg^{-1} de argila), com diferentes valores de pH, em câmaras de volatilização sob condições controladas, e porcentagem de redução da perda de NH_3.

Tratamento	Perda acumulada de NH_3 em solo com pH ajustado		
	pH 4,5	pH 5,4	pH 6,1
	- - - - - - - - - - - - - % do N aplicado - - - - - - - - - - - - -		
Ureia	26 Ab	26 Ab	32 Aa
Ureia + NBPT	21 Ba	18 Bb	19 Bab
Redução (%)	19	31	41

Médias com a mesma letra maiúscula na vertical e minúscula na horizontal não diferem entre si pelo teste Tukey, $p \leq 0,10$.
Fonte: Soares et al. (2011).

Concluindo, Dr. Cantarella comentou que os produtos com inibidores de urease já detêm uma fatia considerável de alguns mercados, fato que ainda não ocorre com os produtos de liberação lenta/controlada, pois ainda são considerados como produtos de nicho, devido ao seu alto custo.

Palestra: O USO DE FERTILIZANTES ORGANO-MINERAIS NA CULTURA DO CAFEEIRO

Engº Agrº Gilberto Tozatti, Consultor, Araras, SP

De acordo com a legislação brasileira, os fertilizantes organominerais são produtos resultantes da mistura física ou da combinação de fertilizantes minerais e orgânicos.

A matéria orgânica (MO) tem papel importante na fertilização do solo, agindo sobre as suas propriedades físicas, químicas, físico-químicas e biológicas, e na fisiologia das plantas.

Com a substituição dos sistemas naturais pelo cultivo mais intensivo do solo, praticado na agricultura convencional moderna, há rápido declínio do teor de matéria orgânica e da atividade microbiológica do solo (Figura 3). Em consequência, é necessário aplicar maior quantidade de fertilizantes minerais para garantir maiores produtividades, o que gera aumento nos custos de produção.

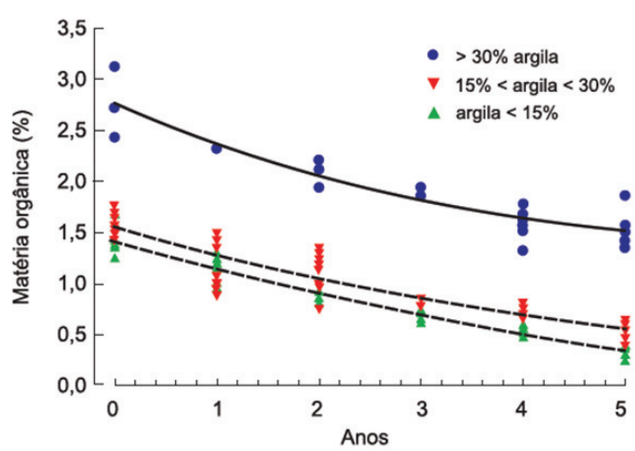

Figura 3. Redução da matéria orgânica do solo após cinco anos de cultivo de soja em Latossolos do Cerrado baiano – sistema convencional de preparo do solo.
Fonte: Adaptada de Silva et al. (1994).

O teor e a dinâmica da MO são os atributos que melhor representam a qualidade do solo e podem ser alterados com as práticas de manejo. A MO funciona como um condicionador no fertilizante organomineral, retendo água e nutrientes. Por exemplo, a CTC média dos solos brasileiros é de 10 emg/100 g, enquanto a CTC do húmus é 30 vezes maior. Assim, quanto mais decomposta a matéria orgânica, maior a CTC do composto organomineral e maior a fertilidade do solo. Vale ressaltar que os fertilizantes organominerais evitam a salinização provocada pelo excesso de sais dos adubos minerais convencionais.

As substâncias húmicas – compostos orgânicos resultantes atividade microbiana sobre a matéria orgânica – são responsáveis por inúmeros processos naturais. São classificadas em ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e huminas. É importante lembrar que, no manejo do sistema, é necessário a correção do pH do solo com calcário para garantir melhor atividade microbiana no solo.

Resultados de pesquisas mostram que a eficiência agronômica dos adubos organominerais é sempre igual ou superior à obtida com a adubação exclusivamente orgânica ou mineral. Esse efeito na produtividade se deve aos benefícios que a matriz orgânica do fertilizante proporciona ao solo e às plantas, além de manter o nutriente mais estável e menos suscetível às perdas no solo, pois parte dos nutrientes se encontra ligada à matriz orgânica do fertilizante. Assim, esses fertilizantes naturalmente disponibilizam o N e o K de forma controlada. Além disso, contribuem para a solubilização do P não lábil (P fixado aos coloides do solo, que não está disponível para a absorção da planta), devido à ativação e ao aumento da microbiota (bactérias solubilizadoras de P) do solo. Isso se reveste de importância ao se considerar que aproximadamente 80% do total de P aplicado ao solo tornam-se indisponíveis às plantas, sendo imobilizados, adsorvidos e/ou transformados no solo.

Resultados de campo mostraram que, ao se aplicar fertilizante organomineral no solo, os níveis médios de P (resina) aumentaram substancialmente (Figura 4) e a liberação de P permitiu economia na aquisição de fertilizante um ano após a aplicação. O Quadro 1 descreve as vantagens e os benefícios da utilização do fertilizante organomineral fosfatado.

É possível fazer a aplicação do fertilizante organomineral em taxas variáveis, atendendo, assim, as diferentes necessidades da gleba, uniformizando a produtividade e aumentando a eficiência da adubação.

Quadro 1. Vantagens e benefícios do fertilizante organomineral fosfatado.

ATRIBUTO	VANTAGEM	BENEFÍCIO
Contém bactérias solubilizadoras	Liberam o fósforo adsorvido no solo	Reduz necessidade de fósforo proporcionando economia
Fonte de P	Fornece fósforo às plantas, elemento indispensável	Fornece energia à planta, ligado a outros nutrientes
Liberação gradual	Fornece fósforo ao longo do tempo	Atende às necessidades das culturas
Produto não acidificante	Não acidifica o solo devido à presença de MO	Diminuição de custos com corretivos, evita queima de raízes
Fonte de cálcio	Prontamente absorvido pelas raízes	Crescimento das raízes e defesa da planta
Contem matéria orgânica	Melhora condições físicas e químicas do solo	Retém água e nutrientes; maior produtividade e economia
Melhor relação custo/benefício	Benefícios são maiores que o investimento	Diminuição de custos, aumento da margem de lucro
Ecologicamente correto	Agricultura orgânica, certificada ou *fair trade*	Menor impacto ambiental, oportunidades e lucros

Dr. Gilberto finalizou dizendo que o uso de fertilizantes organominerais permite executar as boas práticas agrícolas por meio do manejo de nutrientes 4C (fonte, dose, época e local corretos), proporcionando competitividade ao cafeicultor e sustentabilidade à agricultura brasileira. Portanto, cabe aos técnicos, agricultores, gestores, legisladores, fiscalizadores e pesquisadores a responsabilidade do incentivo ao uso de fertilizantes organominerais na agricultura.

Palestra: USO DE FERTIRRIGAÇÃO EM CAFÉ

Dr. André Luís T. Fernandes, UNIUBE/FAZU, Uberaba, MG

De acordo com Dr. Fernandes, a área irrigada de café no Brasil é da ordem de 300.000 hectares, o que representa 15% da cafeicultura nacional. Esta fatia irrigada responde por mais de um terço da produção nacional, mostrando a grande competitividade da cafeicultura irrigada no país.

Os cafezais irrigados com café arábica estão mais concentrados no Centro-Oeste (45%), Nordeste (24%) e Sudeste (9%) e, em menor proporção, no Norte (5%) e Sul (4%) do Brasil.

Os períodos críticos de demanda por água do cafeeiro são: na quebra da dormência e pré-florada (Setembro-Outubro), na granação dos frutos (Dezembro-Janeiro) e na indução floral e formação de gemas (Fevereiro a Maio).

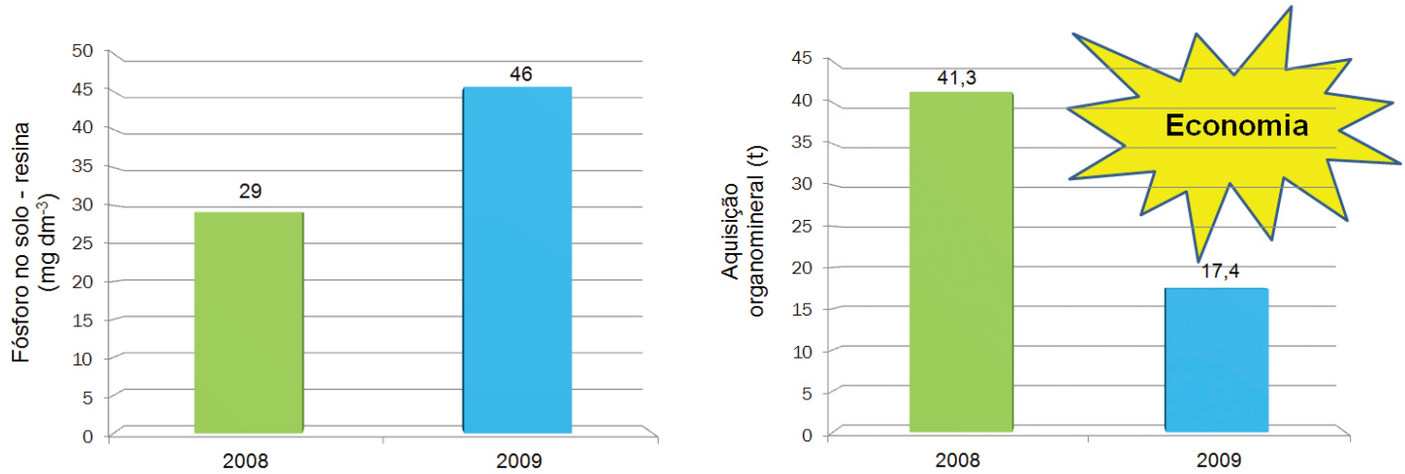

Figura 4. Aumento dos teores de fósforo no solo e economia na aquisição do fertilizante no ano posterior à aplicação de fertilizantes organominerais. Fazenda São José, Conchal, SP.

Os cafezais sem irrigação passam por período de estresse durante a estiagem, o que altera o metabolismo das plantas e prejudica o seu desenvolvimento, provocando quebra da qualidade dos grãos e da produtividade. Além do estresse hídrico, a alta temperatura e a baixa umidade do ar também podem reduzir significativamente o rendimento do cafezal, mesmo sob condições de umidade no solo.

Para reduzir os efeitos da escassez hídrica, que afeta os principais estados produtores, deve-se fazer um manejo adequado da água e dos fertilizantes no processo de irrigação e fertirrigação dos cafezais. O uso eficiente da água, e consequentemente dos fertilizantes, ajuda a garantir a produtividade do cafeeiro, evita desperdícios e permite ao produtor vender antecipadamente o café (cafés especiais) e aproveitar os melhores preços do produto no mercado. Resultados de pesquisa mostram que a irrigação promove um aumento de 25% na produtividade média do cafeeiro, comparado à produtividade das lavouras de sequeiro.

Dentre as vantagens da irrigação destaca-se a possibilidade de se utilizar o próprio sistema de irrigação como meio condutor e distribuidor de produtos químicos – fertilizantes, inseticidas, herbicidas, nematicidas, reguladores de crescimento e outros – simultaneamente com a água de irrigação, o que reduz a compactação do solo pelo tráfego de máquinas dentro da área, como ocorre nos métodos tradicionais de cultivo.

Além do melhor aproveitamento do equipamento de irrigação, há economia no custo de aplicação de fertilizantes, com máquinas e mão de obra. A aplicação dos adubos é feita nas doses e na época adequada exigida pela cultura, há maior eficiência no uso da água e dos fertilizantes e menor dano físico na cultura.

A irrigação do cafeeiro pode ser realizada por vários métodos (Figura 5). Basicamente, os sistemas de irrigação são divididos em dois grandes grupos: sistemas de irrigação com aplicação da água em área total (aspersão em malha, pivô com emissores tipo LEPA) e sistemas de irrigação com aplicação localizada da água (gotejamento, microaspersão), que molham apenas parte da área onde a cultura está implantada. As desvantagens do sistema em área total são: maior consumo de água e energia, irrigação do "mato", perda de água por arraste pelo vento e maiores perdas por evaporação. Já o sistema de irrigação por gotejamento apresenta alguns inconvenientes, como obstrução dos emissores (devido aos reduzidos diâmetros dos gotejadores e à falta de manutenção dos sistemas), alto custo inicial e falta de mão de obra especializada.

Na agricultura irrigada, é de suma importância a avaliação dos parâmetros que afetam a eficiência e a qualidade da irrigação, principalmente aqueles relacionados à uniformidade de distribuição de água do sistema em uso, a qual influencia diretamente a produtividade da cultura.

A fertirrigação permite que quantidades de fertilizantes sejam dosadas de acordo com a demanda da planta e possam ser aplicadas já dissolvidas e incorporadas em qualquer estádio fenológico da cultura, de maneira uniforme na área. Para tanto, é necessário conhecer a demanda de nutrientes pela planta e as suas variações de acordo com as condições edafoclimáticas, cultivares, sistema de produção e outras. É necessário, também, tomar alguns cuidados na escolha das fontes de fertilizantes a serem utilizadas, observando sua solubilidade, compatibilidade e salinidade.

A solubilidade das fontes é um importante parâmetro na determinação dos volumes dos tanques e da taxa de injeção dos injetores, bem como no manejo geral da fertirrigação. Fontes incompatíveis formam compostos insolúveis na solução que, se injetados no sistema, causam obstrução dos emissores.

Segundo Dr. Fernandes, a aplicação localizada dos fertilizantes, como no caso do gotejamento, pode potencializar os problemas de acidificação do solo, bem como a salinização, que em casos extremos pode levar à erradicação da lavoura. Esses problemas podem ser prevenidos com a utilização de fertilizantes neutros, que não alteram o pH do solo (por exemplo, cloreto de potássio, fosfato monopotássico, sulfato de potássio) e com o aumento do número de parcelamentos da fertirrigação e do turno de injeção dos fertilizantes.

A eficiência de aproveitamento de nutrientes é variável de acordo com o sistema de irrigação, textura do solo, porosidade, tipo de adubo, clima e manejo da cultura. Isso faz com que os valores de eficiência sejam uma estimativa.

As ferramentas convencionais utilizadas para monitorar a adubação do cafeeiro são a análise de solo e a análise de planta. Para a fertirrigação, existem ferramentas adicionais que permitem fazer alterações rápidas e precisas nas quantidades de nutrientes aplicados, como: (a) na solução do solo: condutividade elétrica, teor de nitrato, teor de K, pH da solução, teor de Ca, teor de P, e outras; (b) na planta: nitrato e potássio na seiva, intensidade de cor verde. Com elas, pode-se ajustar a demanda da planta ao fornecimento dos nutrientes, evitando-se, ainda, as perdas por lixiviação durante o ciclo da cultura.

Palestra: ATUALIDADES EM NUTRIÇÃO DO CAFEEIRO

Dr. Tiago Tezotto, UNIFEOB, São João da Boa Vista, MG

A análise química do solo e a diagnose foliar são ferramenteas que permitem o diagnóstico mais eficiente do estado nutricional do cafeeiro e as alterações no programa de adubação da lavoura, e seus resultados devem ser validados com os teores indicados na literatura. A interpretação correta dos resultados das análises é fundamental para garantir a nutrição adequada do cafeeiro e a eficiência da adubação.

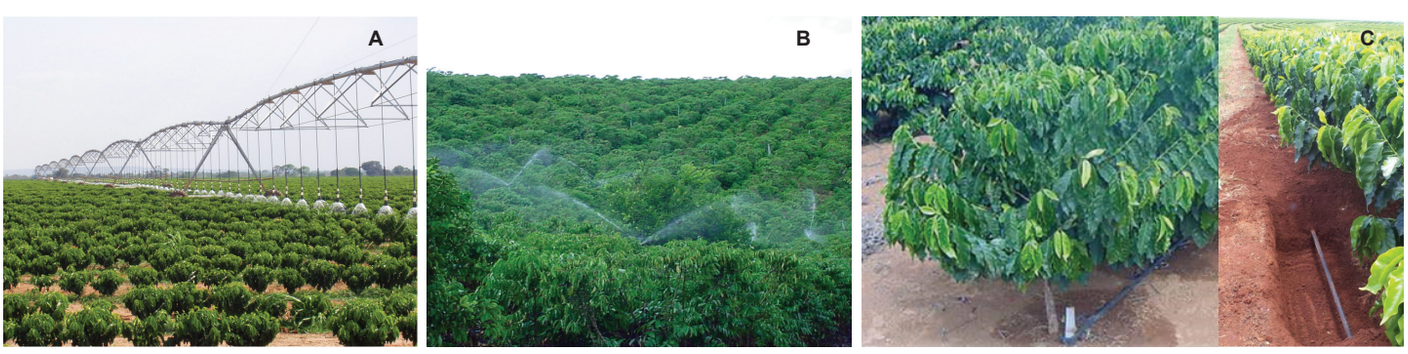

Figura 5. Tipos de sistemas de irrigação: (A) pivô com emissores tipo LEPA, (B) aspersão em malha e (C) gotejamento superficial ou subterrâneo.

A recomendação de doses de fertilizantes para o cafeeiro depende basicamente do estádio de desenvolvimento da lavoura, das exigências da planta em função da carga pendente e do tipo e fertilidade do solo, avaliada pela análise de solo. A expectativa de produção ajuda a definir a dose, mas deve-se considerar, também, a demanda representada pelo crescimento vegetativo. Assim, a adubação do cafeeiro deve atender aos dois drenos nutricionais da planta: a demanda para o crescimento vegetativo e a demanda para a frutificação. A Tabela 5, de Santinato et al. (2006), mostra a demanda de N-P_2O_5-K_2O para a vegetação e para a frutificação do cafeeiro, em função da carga pendente. Nota-se que a demanda de P pelo cafeeiro é baixa, tanto para vegetação como para produção, comparada às demandas de N e de K.

Para garantir a vegetação e a frutificação, a planta utiliza parte dos nutrientes do solo e parte das suas reservas, que são remobilizadas das folhas e dos ramos para os frutos nos períodos de maior necessidade. Esse é um processo fisiológico natural que ocorre mesmo quando há nutrientes suficientes no solo. Já no ano em que a vegetação é o dreno principal de fotoassimilados e de nutrientes, uma parte da quantidade de nutrientes remobilizada é reposta nos órgãos de reserva.

Diversas pesquisas indicam variação entre os genótipos de café em relação à eficiência de uso dos nutrientes. Pesquisa recente de Paula Neto e outros (2016) mostrou que cultivares de *Coffea canephora* apresentam maior relação raiz/parte aérea e são mais eficientes na absorção de P, enquanto cultivares de *Coffea arabica* são mais eficientes na utilização do nutriente, ou seja, na produção de biomassa. Essas informações podem ser utilizadas para a seleção de genótipos de café mais eficientes na absorção e utilização de P para uso em solos com baixa disponibilidade do elemento, contribuindo para a produção sustentável de café em condições tropicais.

De acordo com Dr. Tezotto, para a reposição de micronutrientes em lavouras de alta produtividade deve-se utilizar estratégias de fornecimento de micronutrientes em cada fase de desenvolvimento do cafeeiro, visando otimizar e maximizar os processos fisiológicos da planta. Porém, em primeiro lugar, é necessário garantir que os teores de todos os micronutrientes no solo estejam acima do nível crítico para a cultura. Um exemplo de estratégia é a aplicação complementar de molibdênio (Mo) via foliar quando se faz a adubação nitrogenada com nitrato. O Mo é fundamental no processo de assimilação de N-nitrato pela enzima redutase de nitrato e deve ser fornecido na fase vegetativa da cultura. Já quando se visa obter qualidade dos frutos, a estratégia é maximizar o movimento do açúcar na planta na fase de granação, com o fornecimento de K e Mg e também de B, Cu e Zn, que facilitam o transporte do açúcar das folhas para os demais órgãos da planta.

A estratégia para aumentar a eficiência no uso de B é fornecê-lo principalmente via solo, devido à sua baixa mobilidade no floema. Entretanto, alguns fatores podem afetar o teor de B no solo, tais como alta precipitação, principalmente em solos arenosos, e baixo teor de matéria orgânica.

Tabela 5. Demanda de N, P_2O_5 e K_2O, em kg ha^{-1}, para vegetação e frutificação do cafeeiro em função da carga pendente (5.000 plantas/hectare).

Produtividade (sacas ha^{-1})	Vegetação (kg ha^{-1})			Frutos			Total		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
29,6	114,0	6,2	117,5	110,5	7,8	152,6	224,5	14,0	270,1
61,3	62,9	10,8	123,8	228,4	10,5	226,3	291,3	21,3	350,1

Fonte: Santinato et al. (2006).

Quanto ao Zn, em condições de deficiência no solo, a estratégia é fazer a complementação de Zn via foliar já no primeiro ano, após a correção do solo, porque depois de absorvido ele se acumula preferencialmente nos ramos (Tabela 6) e se transloca para as folhas somente no segundo ano.

Tabela 7. Distribuição de zinco nas folhas, ramos e frutos de cafeeiro aos 128 dias após o plantio.

Zinco[1]	Folhas	Ramos	Frutos	Produtividade
(mg dm^{-3})	- - - - - - - - - (mg kg^{-1}) - - - - - - - -			(sacas ha^{-1})
4,8	10,0	**26,2**	4,0	59,9 a
115,6	13,0	**39,5**	5,3	45,6 a
193,3	11,8	**83,0**	5,0	55,1 a
328,2	20,2	**217,0**	6,3	27,4 b

[1] DTPA (0,6 a 1,2).
Fonte: Tezotto e Favarin (2010).

Com a estratégia da aplicação de níquel (Ni) pode-se atenuar fatores de estresse abiótico na planta e reduzir a severidade das doenças. O Ni atua na assimilação da ureia na planta, tanto de origem exógena quanto endógena; na redução da produção de etileno; na degradação do metilglioxal, composto que induz respostas oxidativas no café, e no controle da severidade de doenças, por induzir a produção de urease.

Palestra: NUTRIÇÃO COM MAGNÉSIO EM CAFÉ

Dr. Kaio Gonçalves de Lima Dias, UFLA, Lavras, MG

O magnésio (Mg) é um dos nutrientes que mais comumente limitam a produção do cafeeiro. Vários fatores interferem na disponibilidade de Mg para a planta, como os edáficos, climáticos, biológicos e os relacionados à planta. Resultados de análises de solos e de folhas de amostras recebidas no Laboratório de Análises da Fundação Procafé (Varginha, MG), oriundas de diversas regiões cafeeiras, também confirmam que o Mg é o nutriente mais em falta nas lavouras cafeeiras, verificando-se níveis baixos do nutriente tanto no solo quanto nas plantas.

Grande parte das lavouras cafeeiras encontram-se implantadas em solos ácidos, com baixa disponibilidade de Ca e Mg, o que destaca a necessidade de calagem. Além disso, muitos calcários apresentam baixos teores de Mg, baixa reatividade e baixa solubilidade, o que limita o fornecimento imediato do nutriente às plantas.

O manejo inadequado da fertilidade do solo também tem sido uma das causas da redução na produtividade das lavouras cafeeiras. Situações que provocam desequilíbrio na relação entre Ca, Mg e K, como o excesso de adubação potássica (Figura 6) ou uso demasiado de fontes de Ca que não contenham Mg (calcário calcítico, superfosfato simples e gesso), e que induzem à lixiviação de Mg no perfil do solo, são apontadas como causas da deficiência de Mg em lavouras cafeeiras. Outro fator importante é a inibição competitiva que ocorre entre Ca, Mg e K e outros cátions por sítios de absorção nas raízes e também na translocação do Mg dentro da planta. Esses processos podem induzir à deficiência de Mg mesmo que os teores iniciais do elemento estejam adequados no solo.

O Mg participa de vários processos nas plantas, como: (a) fotossíntese (constituinte da molécula de clorofila), (b) ativação enzimática,

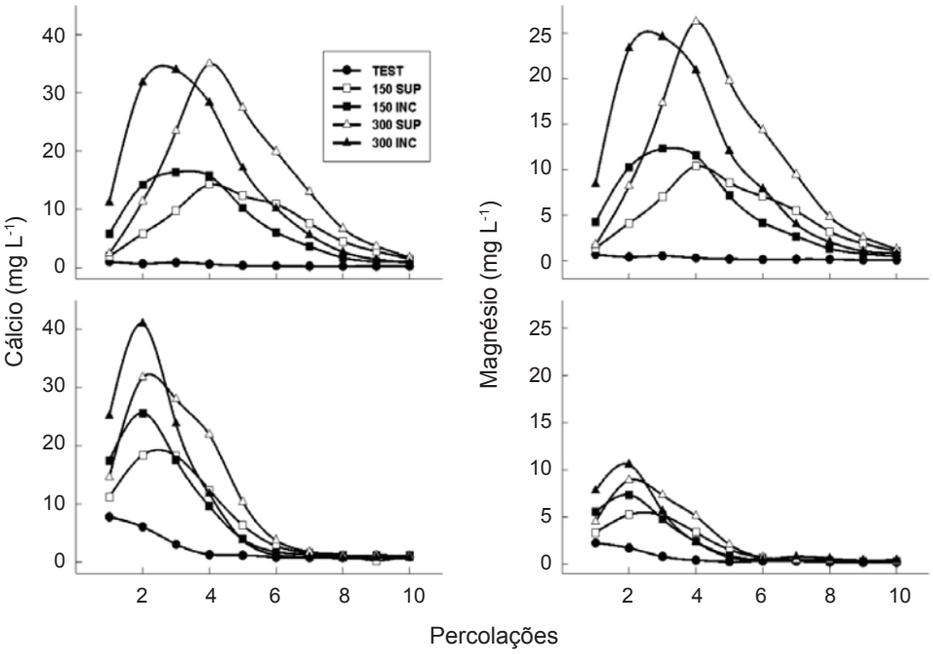

Figura 6. Teores de cálcio e magnésio na solução lixiviada em cada uma das dez percolações com água destilada, considerando formas de aplicação [na superfície (SUP) ou incorporado (INC)] de doses de KCl (0, 150, 300 mg kg^{-1} de K) em dois solos catarinenses.
Fonte: Ernani et al. (2007).

(c) fotofosforilação (atua na formação de ATP nos cloroplastos), (d) fixação simbiótica do dióxido de carbono (CO_2), (e) síntese de proteínas, (f) transporte e utilização de fotoassimilados no floema, (g) geração de espécies reativas de oxigênio e (h) fotoxidação em tecidos foliares. Existe um efeito sinérgico do Mg com o P; assim, a presença de Mg aumenta a absorção de fósforo pela planta.

O sintoma de deficiência de Mg é caracterizado por clorose internerval nas folhas mais velhas, que progride para as mais jovens com o tempo, seguida de coloração parda ou marrom e queda das folhas.

De acordo com Dr. Kaio, plantas de cafeeiro cultivadas em condições de alta intensidade luminosa apresentam maior exigência em Mg, comparadas às plantas cultivadas sob baixa intensidade luminosa, pois ficam mais suscetíveis aos danos fotooxidativos. A deficiência do nutriente inibe o transporte de carboidratos via floema, induzindo ao acúmulo, principalmente, de sacarose nas folhas e à inibição da fixação de CO_2 e, consequentemente, a capacidade fotossintética. Isso pode resultar em excessiva redução na cadeia de transporte de elétrons e potencializar a geração de espécies reativas de oxigênio, provocando fotooxidação e sintomas de escaldadura nas folhas do cafeeiro. Este fato é mais grave em condições de alta irradiância, pois neste caso a geração de equivalentes redutores e absorção de água são maiores.

Experimento conduzido com mudas de *Coffea arabica* cultivadas em solução nutritiva comprovou os impactos fisiológicos causados pela alta intensidade luminosa em condições de deficiência de Mg (Figura 7). Nota-se que a parte da folha mais velha que foi sombreada pela folha mais nova permaneceu verde, enquanto a parte que foi exposta à luminosidade plena apresentou sintomas de escaldadura. Nota-se, ainda, que a folha mais nova que foi totalmente exposta à luminosidade plena, mesmo apresentando menor proteção física, permaneceu verde.

O Mg funciona como agente atenuante do estresse oxidativo causado pelo aumento da irradiância. Esses resultados indicam a necessidade de estudos regionais a campo, visto que o cafeeiro é cultivado em diversas regiões do Brasil com diferentes níveis de irradiância, e a nutrição com o Mg não deve ser a mesma para essas diferentes condições.

O calcário tem sido a fonte mais usual e econômica de fornecimento de Mg ao cafeeiro, porém, muitos calcários apresentam baixo teor de Mg e alguns, mesmo com teores altos, têm apresentado baixa solubilidade no solo. Bons resultados tem sido obtidos com sulfato de magnésio, óxido de magnésio e silicatos.

Palestra: A NUTRIÇÃO MINERAL COMO FERRAMENTA PARA MELHORAR A QUALIDADE DA BEBIDA

Dra. Herminia Emilia Prieto Martinez, UFV, Viçosa, MG

A boa qualidade do café tem sido descrita como sensação prazerosa que decorre da ausência de defeitos e combinação balanceada entre sabor, corpo e aroma. A qualidade começa na planta, onde os precursores se formam à medida que as cerejas se desenvolvem, continua na pós-colheita, na torra e no processo de preparação da bebida.

A qualidade da bebida depende da composição química do grão, determinada por fatores genéticos, sistema de cultivo, colheita, preparo, armazenamento e torrefação, e relaciona-se com: cor, aspecto, número de defeitos nos grãos (preto, verde, ardido), aroma e sabor da bebida. O café de boa qualidade provém de grãos completamente desenvolvidos, sem danos de qualquer ordem e maduros.

Em se tratando das condições de manejo, as adubações e o estado nutricional da planta podem influenciar tanto na produção quanto na composição do grão cru e, consequentemente, na qualidade da bebida. Lavouras com nutrição equilibrada tem maior potencial para produzir bebida de boa qualidade.

Figura 7. Muda de cafeeiro cultivada em solução nutritiva sem fornecimento de Mg e exposta por três dias à irradiância plena. Observa-se ausência de escaldadura na folha nova e na parte sombreada da folha velha.
Fonte: Dias (2015).

Os nutrientes minerais interferem na qualidade final do café por duas vias, uma direta, por seu papel no metabolismo da planta e acúmulo de compostos químicos desejáveis do ponto de vista do aroma e sabor do café, e outra indireta, por seu papel na produção de compostos (fitoalexinas, ligninas) que desfavorecem o desenvolvimento microbiano nos grãos.

Os atributos químicos mais utilizados para a definição da qualidade são: cafeína, trigonelina, açúcares totais, lipídeos, atividade da polifenoloxidase (PPO) e ácidos clorogênicos.

A cafeína interfere no corpo e amargor da bebida, enquanto a trigonelina desempenha importante papel na percepção do aroma. Entre 40 e 50% do N do grão torrado correspondem à cafeína e à trigonelina, de modo que espera-se uma redução do teor de cafeína dos grãos em plantas deficientes em N. Para alguns autores, a adubação nitrogenada aumenta o teor de N no grão, havendo correlação negativa entre esse nutriente e a qualidade da bebida. Malta, Nogueira e Guimarães (2003) observaram que o incremento das doses de nitrato de potássio promoveu aumento linear da concentração de cafeína (Figura 7), proporcionando bebida apenas mole, na avaliação sensorial (prova da xícara) da bebida.

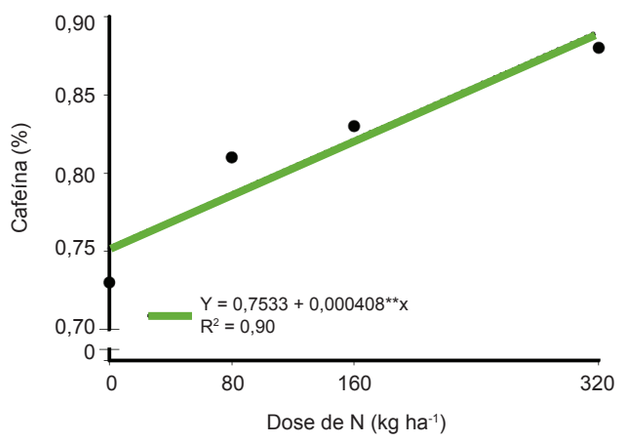

Figura 8. Teor de cafeína em grãos de café beneficiados em função de doses de nitrato de potássio.

Fonte: Malta, Nogueira e Guimarães (2003).

Os açúcares são precursores do *flavor*, cujo metabolismo é fortemente influenciado pela disponibilidade de K. O K é primordial para a ativação de enzimas nas células e os grãos são fortes drenos do elemento (41% das cinzas). Ele favorece a síntese de polissacarídeos e proteínas. Assim, nas plantas deficientes em K ocorrem acúmulo de carboidratos solúveis, decréscimo do conteúdo de amido e acúmulo de compostos nitrogenados solúveis.

Pressupõe-se que altas doses de N e doses moderadas de K poderiam resultar em cafés de bebida superiores, além de aumentar também a síntese de compostos como a trigonelina e a cafeína. Experimento conduzido por Mazzafera (1999), com cafeeiro cultivado em solução nutritiva (Tabela 8), mostrou que a ausência de K induziu a maior conteúdo de cafeína nas folhas (24,5 g kg^{-1}), enquanto a de N e de P induziram a maior redução no conteúdo de cafeína nas folhas (17,9 g kg^{-1} e 17,5 g kg^{-1}, respectivamente).

Os lipídeos são importantes precursores do aroma do café. Nos grãos, grande parte (70 a 80%) encontra-se como triacilglicerol. Podem sofrer oxidação no armazenamento, aumentando a acidez.

Tabela 7. Concentração de cafeína em folhas de cafeeiro cultivado em solução nutritiva deficiente em nutrientes.

Tratamentos	Cafeína (g kg^{-1} na massa seca)	Aumento/Redução (%)
- K	24,5 ± 0,1 a	112
Completo (Controle)	21,9 ± 0,3 abc	100
- Mg	18,2 ± 0,3 cd	83
- N	17,9 ± 0,2 cd	82
- P	17,5 ± 0,3 d	80

Fonte: Mazzafera (1999).

Os ácidos clorogênicos e outros fenóis, derivados do ácido chiquímico ou ácido mevalônico, influenciam positiva ou negativamente o sabor, odor e coloração, dependendo da concentração, do composto e do equilíbrio entre diferentes compostos. Eles são adstringentes (dão corpo à bebida) e antioxidantes (previnem várias doenças). Os micronutrientes B, Cu, Mn e Zn desempenham importante papel na rota do ácido chiquímico.

Sob deficiência de B ocorre acúmulo de fenóis nos tecidos da planta e a atividade da polifenoloxidase aumenta, o que provoca a destruição da membrana celular e, consequentemente, a morte do tecido vegetal. A deficiência de Zn causa frutos mal granados e supostamente mais sensíveis ao ataque de microrganismos.

O Cu exerce efeitos diretos ou indiretos sobre os fungos. Como efeito direto, sua influência está relacionada à sua capacidade fungistática, desnaturando proteínas do patógeno. Indiretamente, sua participação é importante na síntese de lignina, que age como barreira à penetração de microrganismos.

Pasin et al. (2002) verificaram que pulverizações de Cu, Zn, Mn e B diretamente sobre os frutos do cafeeiro, durante seu desenvolvimento, reduziram significativamente a porcentagem média de incidência de *Aspergillus ochraceus*, *Fusarium semtectum*, *Cladosporium cladosporioides*, sem afetar significativamente a ocorrência de *Penicillium variable* (Tabela 8).

Tabela 8. Porcentagem de ocorrência de fungos[1] em grãos de café beneficiado, desinfestado com hipoclorito de sódio e pulverizados com micronutrientes. UFLA, Lavras (MG), 2000.

Tratamentos	Incidência em grãos (%)		
	Cladosporium cladosporioides	*Fusarium semitectum*	*Aspergillus ochraceus*
Cu	16 b	14 c	4 c
Zn	11 b	12 c	5 c
Mn	15 b	15 c	8 c
B	17 b	12 c	9 c
Cu + Zn + Mn + B	48 a	29 ab	44 a
Controle	44 a	36 a	48 a

[1] Médias com a mesma letra na coluna são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Pasin et al. (2002).

Desta forma, o uso do micronutrientes melhora o desenvolvimento e a produtividade dos cafezais e beneficia, ainda, a qualidade dos grãos de café.

TRABALHO CONTEMPLADO COM O PRÊMIO IPNI BRASIL EM NUTRIÇÃO DE PLANTAS, CATEGORIA JOVEM PESQUISADOR – 2016

OS ÁCIDOS HÚMICOS DE VERMICOMPOSTO MODIFICAM A ABSORÇÃO DO AMÔNIO EM PLANTAS DE ARROZ[1]

Matheus Motta Gomes[2], Orlando Carlos Huertas Tavares[3], Leandro Azevedo Santos[4], Sonia Regina de Souza[5], Manlio Silvestre Fernandes[6]

O nitrogênio (N) é um dos nutrientes requeridos em maiores quantidades pelas plantas. As concentrações de N do solo podem variar em muitas ordens de grandeza e, em muitos ecossistemas, o amônio (NH_4^+) costuma ser a forma nitrogenada predominante. Entre os efeitos dos ácidos húmicos (AH) sobre a nutrição das plantas está a sua capacidade de atuar positivamente na absorção de diversos nutrientes. O objetivo do presente estudo foi avaliar a indução do pré-tratamento com AH, aplicado via radicular, sobre a cinética de absorção do NH_4^+ em plantas de arroz submetidas a baixo e alto ressuprimento desse íon.

Sementes de arroz da variedade Piauí foram inicialmente desinfetadas com hipoclorito de sódio a 2% e, em seguida, lavadas com água destilada. Seis dias após a germinação (DAG) em água destilada, as plântulas foram transferidas para potes contendo solução de Hoagland modificada. Aos 21 DAG as plantas foram submetidas a uma solução nutritiva sem N por 96 h. Após as primeiras 48 h de privação de N, as plantas foram separadas em dois grupos, sem aplicação e com aplicação de 80 mg L^{-1} de AH, durante as 48 h restantes. Em seguida, dois grupos de plantas foram submetidos a soluções nutritivas sem AH, contendo doses de 0,2 mM ou 2,0 mM de NH_4^+, abrangendo, respectivamente, os sistemas de alta e baixa afinidade de transporte (HATS e LATS). As plantas foram coletadas e pesadas e foram feitas determinações de N-NH_4^+ na solução nutritiva e de parâmetros cinéticos pelo método de depleção.

Resultados:

A absorção de NH_4^+ reduziu o pH, principalmente em alta concentração, quando as plantas foram tratadas previamente com AH (Figura 1). O pH da solução externa é fortemente influenciado pela forma de N devido às diferenças na razão de absorção entre cátions e ânions.

A taxa de absorção de N nas plantas sob 2,0 mM de N-NH_4^+ foi estimulada pelo pré-tratamento com AH, enquanto nas plantas com 0,2 mM de NH_4^+ não houve diferenças em ambos os tratamentos. Entre os tratamentos, não houve diferenças significativas no valor de V_{max} (Tabela 1). Por outro lado, o valor de K_m foi significativamente menor para as plantas tratadas previamente com AH em relação ao controle, na concentração de 2,0 mM de NH_4^+. Contudo, o C_{min} não apresentou diferenças entre os tratamentos. Estes resultados indicam que o tratamento prévio das plantas com AH possivelmente aumenta a afinidade de absorção pelos íons NH_4^+ no sistema radicular, especialmente no sistema de baixa afinidade (LATs), o que não ocorreu quando as plantas foram submetidas a 0,2 mM de NH_4^+.

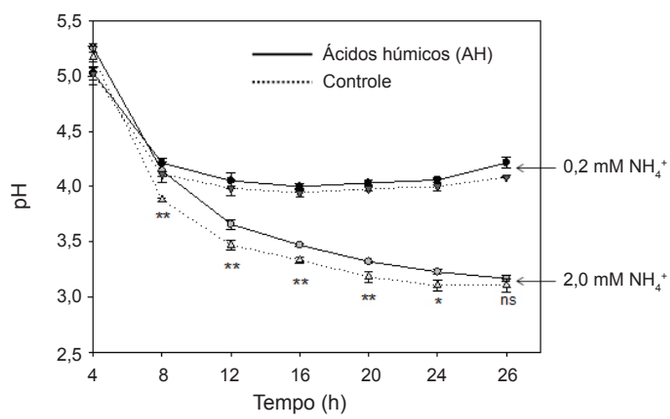

Figura 1. Variação do pH na solução nutritiva influenciado pela forma de N aplicado às plantas de arroz, pré-tratadas com ou sem ácido húmico e supridas com NH_4^+. Teste F, **p < 0,01, *p < 0,05, barra = ± erro padrão.

Tabela 1. Parâmetros cinéticos (V_{max}, K_m e C_{min}) observados na absorção de amônio (NH_4^+) por plantas de arroz da variedade Piauí, sob dois níveis de NH_4^+ (0,2 e 2,0 mM) quando as plantas foram pré-tratadas com ácido húmico (AH) ou controle (Cont) sem ácido húmico.

NH_4^+	V_{max}		K_m		C_{min}	
	Cont	AH	Cont	AH	Cont	AH
(mM)	(µmol g_{mf}^{-1} h^{-1} N)		- - - - - - - - -	(µmol L^{-1} N)	- - - - - - - - -	
0,2	12,58 a	10,26 a	78,16 a	65,65 a	42,17 a	41,7 a
2,0	12,56 a	12,87 a	475,57 a	288,07 b	-	-

Médias seguidas por letras diferentes entre tratamentos são estatisticamente diferentes pelo teste F (p < 0,05).

[1] Parte da Tese de Doutorado do segundo autor, apresentada ao PPG-Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Rio de Janeiro, RJ.
[2] Graduando em Engenharia Química pela UFRRJ; email: matheus.gmotta@hotmail.com
[3] Pós-Doutorando em Nutrição Mineral de Plantas e Bioquímica de Plantas, UFRRJ.
[4] Professor Adjunto de Nutrição Mineral de Plantas, UFRRJ.
[5] Professora Titular de Bioquímica, UFRRJ.
[6] Professor Emérito de Nutrição Mineral de Plantas, UFRRJ.

IPNI EM DESTAQUE

PRÊMIO IPNI BRASIL DE NUTRIÇÃO DE PLANTAS – Edição 2016

Instituído em 2009, o Prêmio IPNI Brasil em Nutrição de Plantas premia pesquisadores nacionais que se distinguem por suas relevantes contribuições para o setor agronômico brasileiro.

No ano de 2016, os contemplados foram:

a) **Categoria Pesquisador Sênior:** ***Dr. Heitor Cantarella***, pesquisador do Instituto Agronômico de Campinas (IAC).

Graduado em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, é mestre e doutor em Agronomia pela Iowa State University. É membro da Coordenação do Programa de Bioenergia da FAPESP (BIOEN), que conta com mais de 100 projetos financiados nas diversas áreas de pesquisa em bioenergia. Coordena o Ensaio de Proficiência de Laboratórios de Análise de Solo de São Paulo do qual participam mais de 130 laboratórios públicos e privados. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em fertilidade do solo, adubação e nutrição de culturas, atuando principalmente nos seguintes temas: análise de solo, recomendações de adubação, eficiência de uso de fertilizantes, nitrogênio. Ultimamente, tem se dedicado à nutrição da cana-de-açúcar e avaliação de impactos ambientais oriundos do uso de fertilizantes em culturas para a produção de bioenergia. É um dos maiores especialistas brasileiros em nutrição de plantas e uso eficiente de fertilizantes. Dr. Cantarella também é coordenador da iniciativa Nutrientes Para Vida, que busca disseminar informações sobre nutrientes e fertilizantes para o público em geral.

b) **Categoria Jovem Pesquisador:** ***Matheus Motta Gomes***, graduando do Curso de Agronomia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ.

Matheus foi reconhecido por seu trabalho ***Os ácidos húmicos de vermicomposto modificam a absorção do amônio em plantas de arroz***, cujo resumo expandido encontra-se na seção Divulgando a Pesquisa deste jornal.

"O IPNI Brasil sente-se honrado em poder premiar aqueles que se dedicam total e seriamente à nobre causa da nutrição adequada das plantas visando a produção sustentável de alimentos para a sociedade", disse Dr. Eros Francisco, Diretor-Adjunto do IPNI Brasil. Este ano, o Prêmio foi entregue durante as atividades da FERTBIO 2016, realizada em Goiânia, GO. A indicação do Pesquisador Sênior foi feita por sócios da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS), sendo o julgamento realizado por comissão sugerida pela SBCS. O Jovem Pesquisador foi eleito pela Comissão Organizadora da FERTBIO 2016. Participaram desta categoria os trabalhos científicos relacionados às áreas de Fertilidade do Solo, Nutrição de Plantas e/ou Adubos e Adubação.

Mais detalhes sobre o Prêmio encontram-se no site do IPNI: http://www.ipni.org.br/premio_brasil.

Dr. Francisco entregou o Prêmio IPNI Brasil de Nutrição de Plantas ao Dr. Heitor Cantarella e ao graduando Matheus Motta Gomes.

XXI CONGRESSO LATINOAMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO

O XXI Congresso Latinoamericano de Ciência do Solo, promovido pela Sociedade Latino Americana de Ciência do Solo (SLCS) e organizado pela Sociedade Equatoriana de Ciência do Solo (SECS), ocorreu na cidade de Quito, Equador. O tema do congresso foi "Todos os Solos na Metade do Mundo. O solo – suporte da diversidade de paisagens, vida e cultura". O IPNI organizou o Simpósio "Os 4C do Manejo de Nutrientes e as Atividades do IPNI em um Contexto Regional". Dr. Valter Casarin, Diretor Adjunto do IPNI Brasil, apresentou a palestra *Construção de um perfil de solo*. "A palestra despertou o interesse de muitos participantes por se tratar de assunto relacionado ao manejo nutricional de solos tropicais", comentou Dr. Casarin.

Equipe do IPNI no XXI Congresso Latinoamericano de Ciência do Solo.

IPNI NO CANAL RURAL

Dr. Eros Francisco, Diretor-Adjunto do IPNI Brasil, participou do programa Giro do Boi, do Canal Rural. O programa realizou uma entrevista com Dr. Francisco para tratar sobre o tema Manejo 4C de Nutrição de Plantas e Boas Práticas para Uso Eficiente de Fertilizantes na adubação de pastagens. "Recentemente, o IPNI Brasil tem se envolvido bastante com o setor de pecuária visando promover a difusão das boas práticas de uso de fertilizantes em pastagens, considerando que esta é uma cultura de elevado potencial produtivo mas de baixa adoção de tecnologia no país", comentou Dr. Francisco. O link para a entrevista está disponível no endereço: http://www.girodoboi.com.br/destaques/pecuarista-esta-lucrando-mais-que-agricultor-afirma-especialista.

FUTURE FOOD FORUM

Dr. Luís Prochnow, diretor do IPNI Brasil, foi convidado para participar do *Future Food Forum*, realizado em Berlim. Dr. Prochnow foi um dos componentes da mesa redonda na qual foram discutidos os diferentes modelos de agricultura praticados em todo o mundo. Ele explanou sobre o trabalho que o IPNI tem realizado no Brasil relacionado à expansão da agricultura e seus benefícios econômicos, sociais e ambientais. O Forum foi organizado em torno de diferentes mesas-redondas e discursos importantes, incluindo o do economista Muhammad Yunus, detentor do Prêmio Nobel da Paz de 2006, que discorreu sobre sua experiência na concessão de microcrédito aos pobres. "O evento foi um grande sucesso. Especialistas de vários países, com pontos de vista diferentes, discutiram sobre as formas mais eficientes de combate à fome no mundo", disse Dr. Prochnow. "A reunião contribuiu para o melhor entendimento da situação atual e dos desafios que vamos enfrentar no futuro. Explicar o trabalho que o IPNI está desenvolvendo no Brasil foi fundamental, em oposição a outros, que são altamente favoráveis à agricultura de pequena escala", completou Dr. Prochnow.

Dr. Luís Prochnow e Dr. Mahammad Yunus no *Future Food Forum*.

WEBINAR SOBRE ADUBAÇÃO FOLIAR COM MICRONUTRIENTES

Dr. Valter Casarin, Diretor-Adjunto do IPNI Brasil, apresentou recentemente um webinar intitulado *Foliar Fertilization with Micronutrients: Concepts and Applications*. Dr. Casarin mostrou como utilizar técnicas adequadas de adubação foliar aproveitando a capacidade da planta de absorver micronutrientes pelas folhas. A apresentação pode ser vista no website do IPNI ou no YouTube, no endereço: https://www.youtube.com/watch?v=-m0_xKLGc2o

ATENÇÃO PARA O RECADASTRAMENTO!!

BIBLIOTECAS, EMPRESAS E INSTITUIÇÕES DE PESQUISA E DE EXTENSÃO QUE RECEBEM MAIS DE UM EXEMPLAR DA VERSÃO IMPRESSA DO JORNAL INFORMAÇÕES AGRONÔMICAS DEVEM PROCEDER O SEU RECADASTRAMENTO NO SITE DO IPNI, NO ENDEREÇO: http://brasil.ipni.net/article/jornal-ia

DATA LIMITE: MARÇO DE 2017

Não perca tempo!!
Faça já o recadastramento para continuar a receber gratuitamente o nosso jornal!

PAINEL AGRONÔMICO

DR. ISMAIL CAKMAK RECEBE O PRÊMIO IPNI SCIENCE 2016 E O PRÊMIO THE WORLD ACADEMY OF SCIENCES 2016 EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS

O IPNI concedeu o Prêmio **IPNI Science 2016** ao Dr. Ismail Cakmak, professor da Universidade de Sabanci (Turquia), pela excelência de seus projetos de pesquisa internacionais relacionados ao uso de estratégias agronômicas visando reduzir as doenças causadas pela deficiência de zinco, ferro e iodo – as quais afetam mais de 2 bilhões de pessoas em todo o mundo – e pela relevância de suas contribuições para a literatura científica. Dr. Ismail Cakmak receberá uma placa especial e o prêmio monetário de US$ 5.000.

Dr. Cakmak também ganhou o Prêmio **The World Academy of Sicences 2016** em Ciências Agrárias e receberá a Medalha da Academia e um prêmio monetário de US$ 15.000.

As deficiências de zinco, ferro e iodo podem provocar problemas no desenvolvimento do cérebro e do sistema imunológico e diminuição no desenvolvimento físico, principalmente em crianças e adolescentes. As principais causas da deficiência desses minerais é o consumo de alimentos que apresentam teores muito baixos desses elementos e o cultivo agrícola em solos deficientes, o que leva à produção de plantas com menor qualidade nutricional. Os projetos dirigidos por Dr. Cakmak têm o objetivo de fortificar as culturas de trigo, arroz e milho com zinco, ferro e iodo principalmente por meio do desenvolvimento e utilização de novas fórmulas de fertilizantes. Seus estudos concentram-se na China, Índia, Paquistão, Tailândia, Laos, Zâmbia, Zimbábue, Moçambique, África do Sul, Brasil, Cazaquistão, México e Turquia.

ANÁLISE DE SOLO EM APENAS 30 SEGUNDOS

Uma análise completa de solo em 30 segundos, com dados sobre as características e fertilidade da terra, fundamentais para uma boa produtividade, é o que promete uma nova tecnologia, criada pela Embrapa em parceria com a iniciativa privada. O sistema, que foi chamado de SpecSolo, usa sensores que captam a vibração das moléculas na amostra de solo e cruza essa informação com um enorme banco de dados online para chegar ao resultado.

Hoje, todo esse processo pode levar dias, além de gerar resíduos que poluem o ambiente. "A solução é uma das maiores inovações em análise de solos das últimas cinco décadas no Brasil" diz o chefe-geral da Embrapa Solos, Daniel Vidal Pérez. O projeto ainda conta com um sistema especialista para gerar recomendações de adubação e calagem, segundo os principais manuais disponíveis no país.

"Ela permitirá a substituição, com rapidez e precisão, dos métodos tradicionais em análise de solos, mitigando os impactos ambientais e diminuindo os custos dos laboratórios com o tratamento e destinação correta de resíduos", afirma André Marcelo de Souza, pesquisador da Embrapa responsável pelo SpecSolo.

Além disso, devido à sua versatilidade, produtores rurais que antes tinham dificuldade de conduzir as análises e, consequentemente, as recomendações de adubação e correção, passarão a ter fácil acesso ao novo sistema. Em consequência, espera-se um aumento de produtividade devido ao uso racional de corretivos e fertilizantes, com redução dos impactos ambientais e melhoria da qualidade de vida no meio rural. (Gazeta do Povo)

PRÊMIO PARA ESTUDANTES DE PÓS-GRADUAÇÃO

O International Plant Nutrition Institute (IPNI) selecionou os vencedores do IPNI Scholar Award 2016. Um total de 36 alunos de Pós-Graduação, representando 14 países, foram escolhidos como destinatários do prêmio. Cada vencedor recebeu o equivalente a US$ 2,000 (dois mil dólares).

São elegíveis ao prêmio os alunos que cursam Mestrado ou Doutorado em Universidades localizadas nos países contemplados com o Programa IPNI e cujas pesquisas visam o uso eficiente de fertilizantes e a manutenção da qualidade ambiental, de modo a garantir a segurança alimentar e nutricional mundial. As áreas incluídas são: agronomia, horticultura, ecologia, fertilidade do solo, química do solo, fisiologia da produção, ciência ambiental e outras.

Este prêmio é financiado pelas empresas-membro, produtoras de fertilizantes e suas matérias-primas, associadas ao IPNI.

Os candidatos brasileiros premiados em 2016 e respectivas pesquisas foram:

- **Eduardo Lopes Cancellier**, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. Tese de Doutorado: *Development of bio-based coatings for production of controlled-release fertilizers and availability of controlled-release phosphorus.*
- **Shivelly Los Galetto**, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR. Tese de Doutorado: *Eficiência da adubação fosfatada influenciada pela aplicação de gesso em sistema plantio direto*.
- **Lauren Maine Santos Menandro**, Instituto Agronômico, Campinas, SP. Dissertação de Mestrado: *Caracterização e aproveitamento agronômico e industrial de ponteiros e folhas secas da cana-de-açúcar.*
- **Saulo Augusto Quassi de Castro**, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP, Piracicaba, SP. Dissertação de Mestrado: *Uso do nitrogênio pela cana-de-açúcar em função da rotação com crotalária, remoção de palha e doses de N*.

Mais informações sobre prêmio encontram-se no site do IPNI: http://www.ipni.net/scholar

EVENTO DO IPNI

SIMPÓSIO IPNI BRASIL SOBRE AGRICULTURA DE PRECISÃO COMO FERRAMENTA PARA BOAS PRÁTICAS PARA USO EFICIENTE DE FERTILIZANTES

Eficiência é fundamental para obtenção de sucesso na agricultura moderna. O manejo correto dos fertilizantes pode aumentar em muito a eficiência de utilização dos nutrientes das plantas, e a Agricultura de Precisão, atualmente, é uma importante ferramenta para otimizar esse processo. Diante da importância dos fertilizantes no custo de produção, o tema deste simpósio adquire grande relevância.

O IPNI Brasil está desenvolvendo uma seleção de temas e palestrantes que atenderão de maneira prática a demanda de informações, promovendo impacto decisivo nas operações diárias do agricultor. A parceria neste evento, com especialistas de várias instituições, é garantia de resultados satisfatórios para todos os participantes que desejam se aprimorar na Agricultura de Precisão como instrumento para o uso eficiente dos fertilizantes.

Local: Goiânia (GO)
Data: 3 a 5 de OUTUBRO de 2017
Informações: International Plant Nutrition Institute - IPNI Brasil
Contato: Jéssica Silva Machado
Telefone/fax: (19) 3433-3254 ou (19) 3422-9812
Email: jmachado@ipni.net

OUTROS EVENTOS

1. FRONTIERS OF POTASSIUM CONFERENCE

Local: Roma, Itália
Data: 25 a 27/JANEIRO/2017
Informações: IPNI
Email: info@ipni.net
Website: http://kfrontiers.org

2. AGRISHOW 2017

Local: Polo Regional de Desenvolvimento Tecnológico dos Agronegócios do Centro-Leste, Rodovia Prefeito Antônio Duarte Nogueira, km 321, s/n, Ribeirão Preto, SP
Data: 1 a 5/MAIO/2017
Informações: Informa Exhibitions
Email: visitante.agrishow@informa.com
Website: http://agrishow.com.br

3. II SIMPÓSIO DE CIÊNCIA DO SOLO: INTERFACES, DESAFIOS E INOVAÇÕES

Local: Salão de Convenções da Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG
Data: 9 a 12/MAIO/2017
Informações: Núcleo de Estudos em Ciência do Solo e Departamento de Ciência do Solo - UFLA
Fone: (35) 3829-1251
Website: http://www.dcs.ufla.br/site

4. VIII SIMPÓSIO TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR

Local: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP, Piracicaba, SP
Data: 12 a 14/JULHO/2017
Informações: FEALQ
Email: cdt@fealq.org.br
Website: http://fealq.org.br

5. 18th INTERNATIONAL PLANT NUTRITION COLLOQUIUM (IPNC)

Local: Copenhagen, Denmark
Data: 21 a 24/AGOSTO/2017
Informações: Marianne Sjødahl
Email: ipnc2017@discongress.com
Website: http://www.ipnc2017.org

6. 11º CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO

Local: Centro de Convenções Maceió, Av. Dr. Antônio Gouveia, 277, Pajuçara, Maceió, AL
Data: 28/AGOSTO a 1/SETEMBRO/2017
Informações: Secretaria Executiva
Email: contato@congressodoalgodao.com.br
Website: http://www.congressodoalgodao.com.br

PUBLICAÇÕES RECENTES

1. MANUAL DE CALAGEM E ADUBAÇÃO PARA OS ESTADOS DO RIO GRANDE DO SUL E SANTA CATARINA - 2016

Autor: Núcleo Regional Sul - SBCS; 2016.
Conteúdo: Nesta nova edição do Manual houve atualizações importantes na organização dos capítulos, atualizações das informações das culturas, nova sistemática para os teores críticos, atualização de métodos empregados pelos laboratórios, atualização da legislação de fertilizantes e da adubação orgânica. Também foi inserida uma abordagem ambiental do uso da calagem e de fertilizantes nos solos agrícolas.
Preço: R$ 70,00 (não sócios da SBCS)
R$ 60,00 (sócios da SBCS ou para compra igual ou acima de 10 unidades)
Número de páginas: 376
Editora: SBCS - Núcleo Regional Sul
Email: contato@sbcs-nrs.org.br
Website: http://www.sbcs-nrs.org.br

2. TÓPICOS EM SUSTENTABILIDADE AGRÍCOLA

Organizadores: João Antonio Galbiatti et al.; 2016.
Conteúdo: A obra reúne textos que discutem a recuperação ambiental do solo e da água para fins agrícolas e apresentam também o conceito de desenvolvimento sustentável, abordando a questão da vulnerabilidade, termo que indica o ponto onde a sustentabilidade pode ser comprometida. Portanto, para evidenciar indicadores que revelem as relações entre os sistemas de produção e meio ambiente, novas tecnologias devem ser criadas, avaliadas e adaptadas para aumentar a oferta de ações e comportamentos que busquem a sustentabilidade.
Preço: R$ 60,00
Número de páginas: 349
Editora: FUNEP
Email: contato@funep.org.br
Website: www.funep.org.br

3. CULTURA DE CAFÉ NO BRASIL: MANUAL DE RECOMENDAÇÕES - Edição 2015

Autores: Matiello, J. B.; Santinato, R.; Almeida, S. R. de; Garcia, A. W. R.; 2015.
Conteúdo: Diagnóstico da cafeicultura; clima, fisiologia e solos para o cafeeiro; variedades de café; formação do cafezal produtivo; manejo dos cafezais; análise de problemas na lavoura cafeeira; colheita, processamento e qualidade do café; gestão e custos na produção cafeeira.
Preço: R$ 100,00
Número de páginas: 585
Editora: Fundação Procafé
Fone: (35) 3214-1411
Email: gilberto@fundacaoprocafe.com.br

4. SISTEMA DE INTEGRAÇÃO: MILHO, CAPIM-BRAQUIÁRIA E EUCALIPTO

Autores: Cláudio Miguel Alves de Faria et al.; 2016.
Conteúdo: A publicação apresenta informações sobre possíveis vantagens dos sistemas integrados de produção e de técnicas para implantação, abordando a escolha da área, o combate às formigas-cortadeiras e cupins, a análise e preparo do solo, espaçamentos de plantio do eucalipto e como realizar o plantio direto do milho, do capim-braquiária e do eucalipto em sistema integrado. Também, descreve a respeito do manejo do sistema por meio de tratos culturais e silviculturais, como adubação de cobertura, controle de plantas daninhas e de outras possíveis pragas e a realização de desrama e desbaste do eucalipto. Em relação ao manejo da pastagem, são apresentadas orientações sobre o momento da entrada de bovinos no sistema e a adoção de pastejo alternado, ou rotativo. Finaliza com a simulação de uma análise econômica de um sistema com pecuária de leite, em um período de 12 anos, com informações sobre custos, inclusive o da terra, e receitas, permitindo uma análise mais detalhada da viabilidade do sistema integrado.
Preço: R$ 20,00
Número de páginas: 49
Editora: UFV
Telefone: (31) 3899-3551
Website: http://www.editoraufv.com.br

5. PRÁTICAS DE MANEJO DO SOLO PARA ADEQUADA NUTRIÇÃO DE PLANTAS NO CERRADO

Organizadores: Rilner Alves Flores e Patrícia Pinheiro da Cunha; 2016.
Conteúdo: Manejo adequado da fertilidade do solo para uma agricultura sustentável no cerrado: avanços e desafios; avaliação do estado nutricional de cultivos: avanços e desafios; importância do DRIS para a região de Cerrado; critérios para amostragem de solo; acidez do solo e sua correção na região de Cerrado; manejo da matéria orgânica do solo na região de Cerrado; manejo do nitrogênio na região de Cerrado; importância da fixação biológica de nitrogênio para a sustentabilidade agrícola no Cerrado; manejo do fósforo na região de Cerrado; manejo do potássio na região de Cerrado; manejo de micronutrientes na região de Cerrado; importância do silício na nutrição de plantas na região de Cerrado; biofortificação agronômica na região de Cerrado.
Preço: R$ 50,00
Número de páginas: 501
Vendas: PLD Livros
Email: pldlivros@uol.com.br
Website: http://www.pldlivros.com.br

O QUE É ESSENCIAL

Luís Ignácio Prochnow

Em todas as edições do Informações Agronômicas, bem como em todos os demais veículos de comunicação utilizados pelo IPNI (website, palestras, eventos, webinars, facebook, twitter, vídeos, etc.), tratamos basicamente das tecnologias que promovem o uso eficiente de nutrientes. Essa é a nossa missão, conduzida ao longo dos anos com muita seriedade. O volume de informações é enorme, e tudo é disponibilizado de forma gratuita, pois o IPNI é uma instituição sem fins lucrativos e seu compromisso é tão somente com a pesquisa e a educação em favor das boas práticas para uso eficiente de fertilizantes.

Agora, ao final de 2016, vou me permitir o direito de, em breves palavras, desviar um pouco o foco da nutrição de plantas. Porque nem só de tecnologia vive a humanidade. Precisamos também de filosofia, poesia e outras coisas mais.

Vivemos em anos de intensa interação e troca de informações. Pessoas do mundo todo estão interligadas, compartilhando informações, divulgando impressões, difundindo formas de cultura e saberes e manifestando desejos e sentimentos. Às vezes, fico pensando se a massificação da informação não desvia o foco do que é essencial... lembrando que "o que é essencial é invisível aos olhos" (Saint-Exupéry, em O Pequeno Príncipe).

Às vezes, entre tantas informações, nos deparamos com algo transformador. Como a frase que recebi esses dias, de autoria do Dalai Lama, que me fez refletir profundamente. A frase dizia: "Os seres humanos foram feitos para serem amados e as coisas para serem usadas. Porém, o que infelizmente parece estar ocorrendo, muitas vezes, é a inversão dessa ordem".

Que 2017 promova mais amor entre as pessoas. Que possamos, além de impulsionar ainda mais a tecnologia, estimular, de forma progressiva, o carinho entre as pessoas. Que problemas, desde os muito pequenos, de ordem pessoal, até os grandes, de ordem mundial, sejam resolvidos da melhor forma possível.

Progressos vêm ocorrendo em todas as frentes, mas podemos mais. Não vamos conseguir mudar tudo em um único ano, mas podemos intensificar o processo.

Com os votos de muito sucesso a todas as pessoas de boa vontade, em prol de um mundo ainda melhor! Dito isto, voltamos com tecnologia para fins da adequada nutrição de plantas em todo o ano de 2017.

IPNI INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE

INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE

Avenida Independência, nº 350, Edifício Primus Center, salas 141 e 142

Fone/Fax: (19) 3433-3254 / 3422-9812 - CEP 13416-901 - Piracicaba (SP) - Brasil

LUÍS IGNÁCIO PROCHNOW - Diretor, Engº Agrº, Doutor em Agronomia
E-mail: lprochnow@ipni.net

VALTER CASARIN - Diretor-Adjunto, Engº Agrº, Engº Florestal, Doutor em Ciência do Solo
E-mail: vcasarin@ipni.net

EROS FRANCISCO - Diretor-Adjunto, Engº Agrº, Doutor em Agronomia
E-mail: efrancisco@ipni.net

MEMBROS DO IPNI

- Agrium Inc.
- Arab Potash Company
- BHP Billiton
- CF Industries Holding, Inc.
- Compass Minerals Plant Nutrition
- International Raw Materials Ltd.
- K+S KALI GmbH
- Kingenta Ecological Engineering Group Co., Ltd.
- OCP S.A.
- PhosAgro
- PotashCorp
- Shell Sulphur Solutions
- Simplot
- Sinofert Holdings Ltd.
- SQM
- The Mosaic Company
- Uralchem, JSC
- Uralkali
- Yara International ASA

MEMBROS AFILIADOS AO IPNI

- Arab Fertilizer Association (AFA)
- Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA)
- Fertiliser Association of India (FAI)
- Fertilizer Canada
- International Fertilizer Industry Association (IFA)
- International Potash Institute (IPI)
- The Fertilizer Institute (TFI)
- The Sulphur Institute (TSI)